

血圧脈波検査装置「ABI-form」を用いて測定した 若年健常者の脈波伝播速度および上下肢動脈圧比

川崎 晃一・實藤 美帆*・太田 美枝子**

1. 緒言

脈拍が最も古く医療と関わって用いられたのは中国と思われる。中国の脈診法は黄帝（BC2000年頃）により発見されたという。中国最古の医書「黄帝内経」には脈拍による診断法とその重要性が記されている。脈診の重要性は、ギリシャ医学でも強調されていたが、血液が心臓から軀出され、大動脈を膨張させて拍動を与えていることを初めて記載したのは Harvey (1578-1657) であり、動脈拍動が大動脈から末梢へと伝播することを初めて報告したのは Spallanzani (1773) である。その後次々と脈波伝播速度と動脈の弾性の関係が論じられるようになってきた。

動脈脈波伝播速度は生体の大きな動脈の硬化度を非観血的かつ定量的に示す指標として、古くから用いられており、現在もなお研究が進められている。しかしそれらの値は、多数の対象者の年齢階級別・性別の値の動脈硬化度、あるいは糖尿病、虚血性心臓病、脳

梗塞、下肢動脈閉塞症、人工透析患者など、疾患を対象とした研究報告が大部分である。しかも対象者は中高年層が多く、動脈硬化の極めて少ないと思われる若年層の成績はほとんどない。1971年に Katsuki らが報告した1,000名余りの剖検結果に基づいた脳動脈硬化度の頻度は、10歳以下では0%であったが、20歳代では11%になり、40歳代を境に半数以上、60歳以上では93%に認められた、としている¹⁾。この調査は脳動脈硬化度を剖検例で詳細に調べているが、30年以上も前のものであり、日本人の食生活が大きく変容した現在では、動脈硬化の頻度はさらに著しく増加していることが予測される。

このように、加齢によって動脈硬化が進行していくので、動脈硬化がより少なく、全く疾患を持たないいわゆる若年健康成人の基準値を明確にしておくことが必要と考える。基準となる若年者の値、言い換えると動脈硬化の所見が極めて少ないと思われる年齢層の基準値が明確に示されていないと、加齢による、あるいは疾病による動脈硬化の進行度などをある程度量的に推測する事は難しい。

* 健康・スポーツ科学センター 川崎晃一研究室

** 学生部厚生課保健室

これまで臓器障害が発生する以前に、動脈硬化の進展度を簡便かつ適切に評価する方法論はまだ確立されていなかった。しかしこの度、わが国で新しく開発された血圧脈波検査装置「ABI-form」は四肢の動脈を同時に測定して脈波伝播速度ならびに上肢と下肢の動脈圧の比を測定して、動脈硬化の進展度を推定するとともに下肢動脈の閉塞度を推定する簡便法で、近年広く注目を浴びてきた。最近では臨床動脈波研究会²⁾が開催され、2001年5月には第36回日本循環器管理研究協議会でシンポジウムまで行われている²⁾。

これまでこの装置を用いて正常者に対して多数例の測定が行われ、また閉塞性疾患や糖尿病などに対して本装置を用いた測定値の臨床的有用性は多数報告されているが、成人に達したばかりの若い正常被験者の成績は意外に少ない。そこで本論文では、成人年齢層の中で動脈硬化が最も少ないと思われる20歳前後の健康若年者男女を対象に、動脈硬化指数の測定を試みたので報告する。

2. 対象と方法

1) 対象

九州産業大学新入生の定期健康診断時に、目的、方法などを解説した用紙を配布して、検査の意図に賛同した男女学生を対象に測定を行った。検査を実施した対象者のプロフィールを表1に示す。なお、25歳以上の学生は除外して、年齢は18歳から24歳までとし、高血圧(140/90 mmHg以上)や既往歴、現病歴で心・腎疾患、内分泌疾患などの疾病を有しな

い、健康な学生のみを対象とした。その結果、男子の対象者数は179名、女子は166名であった。

表1 対象者のプロフィール

	男子	女子
対象者数	179	166
年齢(歳)	18.8 ± 1.3	18.7 ± 1.2
身長(cm)	170.9 ± 5.7	157.9 ± 5.2***
体重(kg)	62.1 ± 8.7	52.5 ± 7.0***
BMI (kg/m ²)	21.3 ± 2.9	21.1 ± 2.6

*** p<0.001 (vs. 男子)

2) 方法

血圧脈波検査装置「ABI-form」(日本コーリン株式会社 AT カンパニー、小牧市)を使用し、左右上腕ならびに左右足関節の収縮期・拡張期血圧をドプラ超音波血流計を用いて測定した。また、両足関節と右上腕の容積脈波、心電図、心音図を同時に計測し、脈波伝播速度(PWV:Pulse Wave Velocity)および足関節上腕血圧比(ABI:Ankle Brachial Index)を測定した。すなわち、心臓-上腕の脈波伝播速度(hbPWV)、右側上腕-右足首の脈波伝播速度(RbaPWV)、左側上腕-左足首の脈波伝播速度(LbaPWV)を測定した。他の項目との比較検討には、RbaPWVとLbaPWVの平均値(PWV)を用いた。

上肢と下肢の血圧比は、高い方の右足関節血圧と高い方の上腕血圧の比(ABI-RA)、高い方の左足関節血圧と高い方の上腕血圧の比(ABI-LA)を測定してそれぞれの値を算出した。他の項目との比較検討には、ABI-RAとABI-LAの平均値(ABI)を用いた。

3) 統計処理

各項目の値は平均値（±標準偏差）で表わし、有意差の検定は両側検定を用い、unpaired Student's t-test で行って $p < 0.05$ を有意差ありとした。

3. 結果

1) 対象者の諸項目測定結果

若年対象者の一般検査項目の他に、左右上腕血圧、左右足首血圧、hbPWV、RbaPWV、LbaPWV および PWV（平均値）、ならびに ABI-RA、ABI-LA および ABI（平均値）を男女別に表 2 に示した。

男女間では年齢、肥満指数（BMI）、脈拍、ABI-LA には有意差はなかったが、上・下肢の血圧、ならびにすべての PWV および ABI の値には有意な差があり、すべて男子学生が高値を示した。

ABI の正常（基準）範囲は 0.91～1.30 とされている。対象者の中に 1.31 以上のものはいなかったが、0.90 以下のものが男子 8 名（4.5%）、女子 13 名（7.8%）に認められた。

2) 主な項目間の単相関関係

(1) 血圧と BMI の相関

男女別に収縮期血圧（SBP）ならびに拡張期血圧（DBP）と BMI の相関性を検討した。男女とも SBP と BMI に有意な正相関があった（[SBP vs. BMI] 男子： $t = 4.27$, $r = 0.306$, $p < 0.001$; 女子： $t = 4.39$, $r = 0.324$, $p < 0.001$ ）。しかし DBP との間には相関がなかった。

(2) 血圧と PWV の相関

男女別に検討した SBP ならびに DBP と PWV の間には、年齢の分布は 18 歳から 24 歳までと小さく、また正常血圧者のみにも関わら

表 2 ABI-form を用いた男女別の測定値

	男子	女子
対象者数	179	166
右上腕収縮期血圧(mmHg)	121.1 ± 8.4	111.4 ± 8.4***
右上腕拡張期血圧(mmHg)	65.7 ± 6.8	63.6 ± 5.4**
左上腕収縮期血圧(mmHg)	121.3 ± 8.7	109.5 ± 7.0***
左上腕拡張期血圧(mmHg)	62.7 ± 6.7	60.0 ± 5.2***
右足関節収縮期血圧(mmHg)	126.4 ± 11.8	112.5 ± 10.8***
右足関節拡張期血圧(mmHg)	62.2 ± 6.9	59.3 ± 5.7***
左足関節収縮期血圧(mmHg)	125.8 ± 11.8	112.8 ± 10.6***
左足関節拡張期血圧(mmHg)	63.1 ± 6.6	59.8 ± 5.5***
脈圧(mmHg)	55.4 ± 6.4	47.8 ± 6.5***
脈拍(拍/分)	67.4 ± 10.9	69.6 ± 10.5
hbPWV(cm/sec)	460.4 ± 16.2	446.0 ± 64.1**
RbaPWV(cm/sec)	1,059.6 ± 109.9	946.8 ± 100.2***
LbaPWV(cm/sec)	1,061.5 ± 115.7	961.6 ± 103.5***
PWV(cm/sec)	1,061.4 ± 110.4	954.2 ± 99.1***
ABI-RA	1.02 ± 0.08	1.00 ± 0.08*
ABI-LA	1.02 ± 0.08	1.00 ± 0.08
ABI	1.02 ± 0.07	1.00 ± 0.08*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ (vs. 男子)

ず、いずれも図1, 図2に示すように、有意に高い相関関係が認められた ([SBP vs. PWV] 男子: $t=4.73$, $r=0.335$, $p<0.001$; 女子: $t=3.72$, $r=0.280$, $p<0.001$, [DBP vs. PWV] 男子: $t=5.38$, $r=0.375$, $p<0.001$; 女子: $t=4.21$, $r=0.312$, $p<0.001$)。

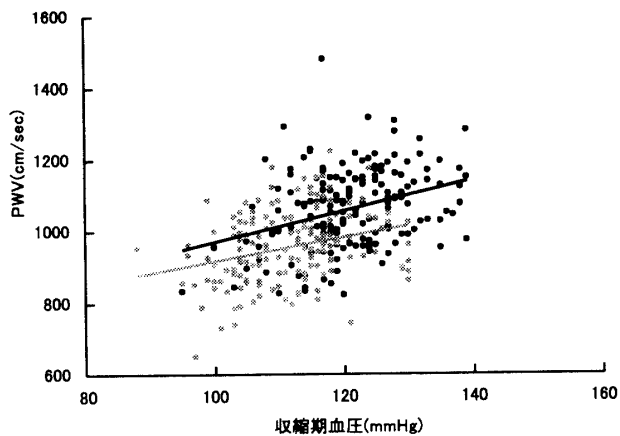


図1 収縮期血圧と脈波伝播速度 (PWV) の相関 [男女別]

- 男子学生: 回帰直線 $Y=4.37X+532.2$
 $r=0.335$, $p<0.001$
- 女子学生: 回帰直線 $Y=3.30X+586.0$
 $r=0.280$, $p<0.001$

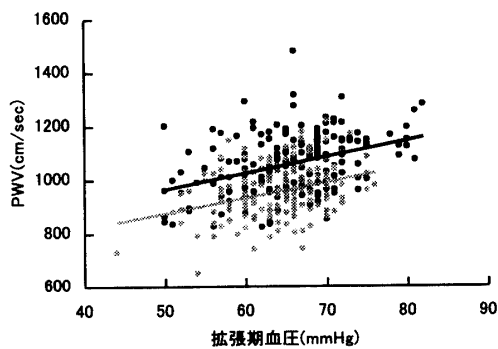


図2 拡張期血圧と脈波伝播速度 (PWV) の相関 [男女別]

- 男子学生: 回帰直線 $Y=6.08X+662.2$
 $r=0.375$, $p<0.001$
- 女子学生: 回帰直線 $Y=5.73X+590.0$
 $r=0.312$, $p<0.001$

(3) 脈圧とPWVの相関

男女別に検討した脈圧 (SBPとDBPの圧差) とPWVの間にはいずれも有意な相関関係は認められなかった。

(4) 脈拍とPWVの相関

男女別に検討した脈拍 (HR) とPWVの間には、男子には相関がなかったが、女子では有意な相関関係を認めた ([HR vs. PWV] 女子: $t=2.54$, $r=0.195$, $p<0.05$)。

(5) 血圧とABIの相関

SBPならびにDBPとABIの相関を検討した。年齢の分布が18歳から24歳までと小さく、また正常血圧者のみに限定したため血圧の差が小さいにも関わらず、図3に示すように、SBPとABIのみに男女いずれも有意な負の相関が認められた ([SBP vs. ABI] 男子: $t=2.07$, $r=-0.154$, $p<0.05$; 女子: $t=4.11$, $r=-0.306$, $p<0.001$)。しかし、DBPとABIの間には負の関係があるものの有意ではなかった。

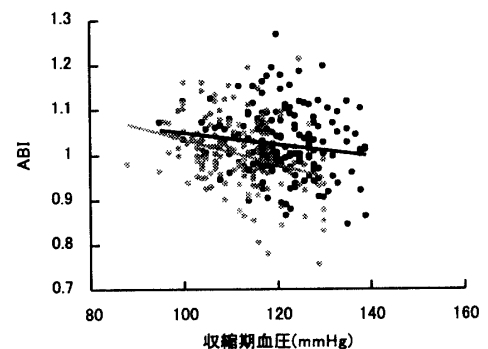


図3 収縮期血圧と足関節血圧と上腕血圧の比 (ABI) の相関 [男女別]

- 男子学生: 回帰直線 $Y=-0.00X+1.18$
 $r=-0.154$, $p<0.05$
- 女子学生: 回帰直線 $Y=0.00X+1.31$
 $r=-0.306$, $p<0.001$

(6) 脈圧とABIの相関

脈圧とABIの間には、図4に示すように女子のみに有意な負の相関が認められ、男子にはなかった（[脈圧 vs. ABI] 男子：n. s.；女子： $t = 4.13$, $r = -0.307$, $p < 0.001$ ）。

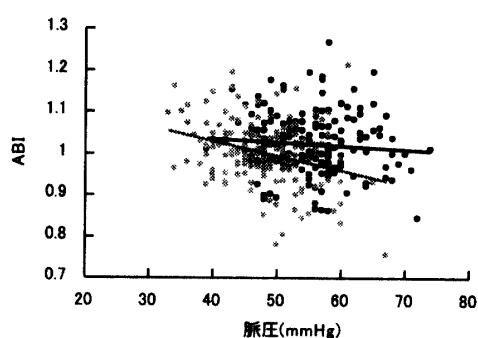


図4 脈圧と足関節血圧と上腕血圧の比 (ABI) の相関 [男女別]

- 男子学生：n. s.
- 女子学生：回帰直線 $Y = -0.00X + 1.18$
 $r = -0.307$, $p < 0.001$

4. 考案

動脈硬化は生まれたときから既に始まっているといわれている。動脈硬化を早期に発見して生活習慣を修正したり、予防的な措置をとることによって、動脈硬化の促進を抑制することが出来る。これは当然の事ながら日本人の死因の半数以上を占める脳・心血管疾患の死亡率や罹患率を低下させる事につながる。またこれらの疾患によって引き起される生活の質 (Quality of Life) の低下を抑制することにもなる。従って、初期には全く自覚症状や他覚的所見が認められない動脈硬化の早期発見は生活習慣病の予防には欠かせない。

動脈硬化が進行すると血液の流れ方に二つの変化が起こる。まず、脈の伝播速度が速まる。心臓は血液を駆出したときに柔軟な血管であれば膨らんで圧力を吸収するが、硬くなった血管は膨らむことが出来ずに圧力が直接血液にかかる。そのため伝播速度が速くなり、PWV値で動脈硬化の程度が推定できる。山科らは研究班を組織して、7,019名の健常者（男性4,699名、平均年齢46歳）について著者らと同一の測定機器を用いて性別、年齢階級別にbaPWVを測定し、報告した³⁾。それによると、図5(A)、(B)に示すように、膨大な対象者数にも関わらず、20歳代が男性74名、女性88名と極端に少なく、PWVは男性1,161cm/sec、女性は991cm/secであり、著者らの値よりやや高値を示していた。20歳代の平均年齢が定かでないが、著者らの年齢（男女とも19歳）より確実に多いため、著者らの対象者の値（男子1,061cm/sec、女子954cm/sec）よりわずかに高値を示したものと思われる。今回の若年者層の脈波伝播速度を、中高年者や、生活習慣病を有する患者あるいは人工透析患者などと比較すると、明らかに低い値を示していた^{4,5)}。例えば、著者らが測定した日常の勤務をしている本学教職員のPWV⁶⁾と比較しても、明らかに若年者層で脈波伝播速度が小さな値を示した。即ち若年者では動脈の単位当たりの長さを脈波が伝播する速度が遅い事を意味しており、これらのパラメーターは動脈硬化の指標として有用と考える。

動脈硬化がさらに進行すると、血管の内壁に沈殿物が付着して、血管内腔が狭くなり、

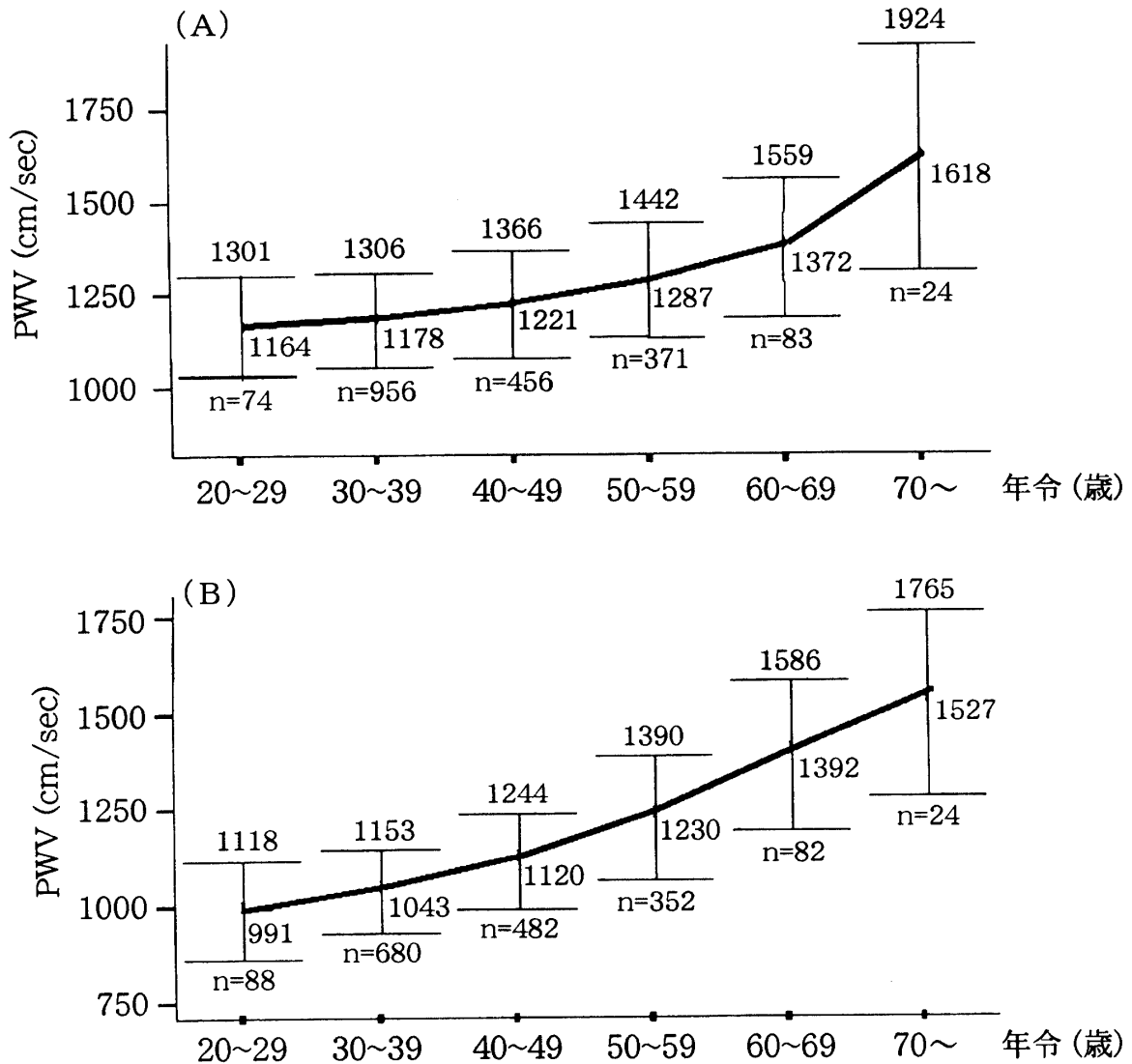


図5 年齢階級別・性別 [(A) 男性, (B) 女性] にみた脈波伝播速度 (文献3より引用)
 中央の数値は平均値, 上の数値は平均値+1標準偏差値, 下の数値は対象数を表わす

血液が通過しにくくなる。その結果、狭くなった血管より先（遠位）の血圧は血液の流れが悪くなって低下し、圧力が伝わらなくなる。実際には、動脈硬化は下半身の血管から進行することが多いので、上肢と下肢の血圧を比較して下肢の方が低い場合は大動脈（胸部、腹部）を含む大腿動脈や下腿動脈が狭くなっている可能性が考えられる。その程度を数値としてABIで表わし、正常基準値の範囲は0.91~1.30と設定されている。ABIが0.90以下

の場合はその数値によって、軽度から重症の閉塞性動脈硬化症が疑われる。本調査では対象者の中に1.31以上のものはいなかったが、0.90以下のものが男子4.5%、女子で7.8%に認められ、特に女子が多かった。3歳児といえども既に動脈硬化が始まっているといわれているので、動脈硬化が全く見られない被験者の脈波伝播速度を非侵襲的に測定することは不可能である。Katsukiらの報告¹⁾にもあるように、成人の体型となった20歳前後の成人に

も脳動脈ではあるが、既に10%前後の動脈硬化は存在している。しかし若年型糖尿病や、家族性高脂血症などの特殊な疾病を有しないかぎり中高年者に比して、今回の平均年齢19歳の若年対象者は正常動脈に限りなく近いといえる。したがって、若年健常者、特に女子学生に0.9以下の値がより多く認められたのは、単なる測定ミスによるものか、自覚症状としては認められない先天的な異常などが存在するのか、あるいは動脈硬化がほとんど認められないと思われる若年者層にでも認められる特有の現象なのか、あるいは基準範囲に問題があるのか、今のところ不明である。

著者らは本測定器の再現性については検討していない。Sutton-Tyrellらによると、対象は14例であるが、技師間、判読者間、2回検査間の相関は、それぞれ0.80-0.87、0.73-0.89、0.63であり、PWVの測定は技師と判読者が新規に教えられた場合でも再現性がある、と報告している⁷⁾。また、PWVやABIは肥満度とは関係なかったが、図1~4に示すように、年齢層をほとんど一定にしても血圧値とはかなり密接な相関性があるので、数値の判断には慎重でなければならない。また、安静度やカフの巻き方など測定時の条件にも十分注意する必要がある。

5. 結語

「ABI-form」を用いて平均年齢19歳の若年健康成人のPWVとABIを男女別に測定し、血圧、脈圧、体格指数との関連性を検討して報告した。

性別の若年健常者におけるPWVやABIの基準となる値はこれまで報告がなく、本報告は将来の中高年者や動脈硬化性諸種疾患患者のPWVやABIの評価に、有用な資料を提供するものと考えられる。

謝 辞

本研究に際してデータ収集と測定にご協力いただいた日本コーリン株式会社 ATカンパニーの北川澄人氏、安藤理恵子氏ならびにデータ収集にご協力いただいた九州産業大学健康・スポーツ科学センター渋谷土志男事務部長、小楠希見寿主任に感謝します。

文 献

- 1) Katsuki S, Omae T, Okabe N, et al.: Cerebral Circulation and Stroke. ed. KJ Zulch, Springer-Verlag, Berlin, 1971, pp.183-192.
- 2) Arterial Stiffness, No.1, Medical View, 東京, 2001, Pp.76.
- 3) 山科 章: 動脈硬化スクリーニングおよび心血管疾患予後指標としての脈波伝播速度-第一報-. 公益信託日本動脈硬化予防研究基金平成12年度研究報告会, 2000. 5.12.
- 4) Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, et al.: Aortic stiffness is an independent predictor of all cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. Hypertension, 37: 1236-1241, 2001.
- 5) Blacher J, Asmar R, Djane S, et al.: Aortic pulse wave velocity as a marker of car-

- diovascular risk in hypertensive patients. *Hypertension*, 33: 1111-1117, 1999.
- 6) 川崎晃一, 奥村浩正, 實藤美帆, 太田美枝子: 血圧脈波検査装置「ABI-form」を用いて測定した大学教職員の脈波伝播速度および上下肢動脈圧比 — 血圧ならびに脂質との関連性の検討 —. *健康・スポーツ科学研究*, 4: 27-36, 2002.
- 7) Sutton-Tyrell K, Mackey RH, Holubkov PV, et al.: Measurement variation of aortic pulse wave velocity in the elderly. *Am J Hypertens*, 14: 463-468, 2001.