

## 整形外科的立場からみた老人問題とその対策

井手隆俊、赤松功也、中島育昌

高齢化社会を迎えた我が国において、寝たきり老人の増加と、それを介護する人手の高齢化とその数の減少は容易に想像できる。老人の増加とともに「寝たきりにならないように足腰を鍛え、不幸にして歩行能力が低下した場合には苦痛を伴うことなく、楽しくリハビリができる」ような方法を考えて行くことがわれわれ整形外科医に課された急務である。そこで歩行訓練を必要とする患者に対し、より効果的、かつ効率的な訓練と早期社会復帰を目的として十分に安全性を考慮した装置を考案した。本装置は従来困難であった体幹の保持と免荷を同時に可能とし、本来の目的である歩行能力の獲得と共に、老人性痴呆の予防や改善に役立つことが明らかとなった。また訓練をおこなった患者の多くは疼痛や苦痛を訴えることなく、訓練を楽しみながら、回復に向かっていくように思われた。

キーワード：medical robotics, gait training, rehabilitation

### はじめに

今や日本は世界一の長寿国となり、高齢化社会を迎え、老人の骨折や脳血管障害などによる歩行障害者は増加の一途を辿っている。このことは寝たきり老人の増加に拍車を掛ける結果となり、社会問題とまでになりつつある。これらの患者の歩行能力を高めることが出来れば、寝たきり老人となる頻度は低下し、患者の社会復帰と自立を促すことができることになる。われわれは、どのような歩行訓練を行い、いかなる点に留意すれば少数の医療スタッフで最大限の歩行訓練効果をあげることができるかにつき検索したので報告する。

### 1. 老人と歩行能力

人間の基本的行動のひとつである歩行は、人間が社会生活を営む上で単に移動能力と言う以上の極めて重

要な役割を持っている。特に老人においては、骨折などを契機として歩行不能となり、寝たきりになった場合には、心肺機能の低下、肺炎、膀胱機能障害、老人性痴呆などを併発し、天寿を全うすることなく他界する場合も多い。大腿骨頸部骨折患者の術後筋力を測定した結果を図1に示す。患側の筋力が健側に比べて低いのは当然であるが、明らかに高齢者ほど筋力が低下する傾向にある。そして杖歩行が可能となった群と伝い歩きしか出来ない群を比べると、高齢者ほど歩行不能となる頻度は高くなる(図2)。この違いは主として筋力に依存していると考えられる。ここで問題となることは、寿命を延ばす研究ではなく、老化する時期になっても心身ともに健康でいるにはどうしたら良いか、あるいは不幸にしてこの時期に骨折や脳血管障害などにより歩行が困難となった人をどうするか、ということを考えるのが主な目的である。これらの患者を歩行可能な状態に持ってゆくには筋力増強訓練を行えば良いことは容易に想像出来る。しかし、言うは易く行なうは難しであり、実際の筋力増強訓練は、ベッドサイドでの運動に始まり、リハビリでの大腿四頭筋ほか

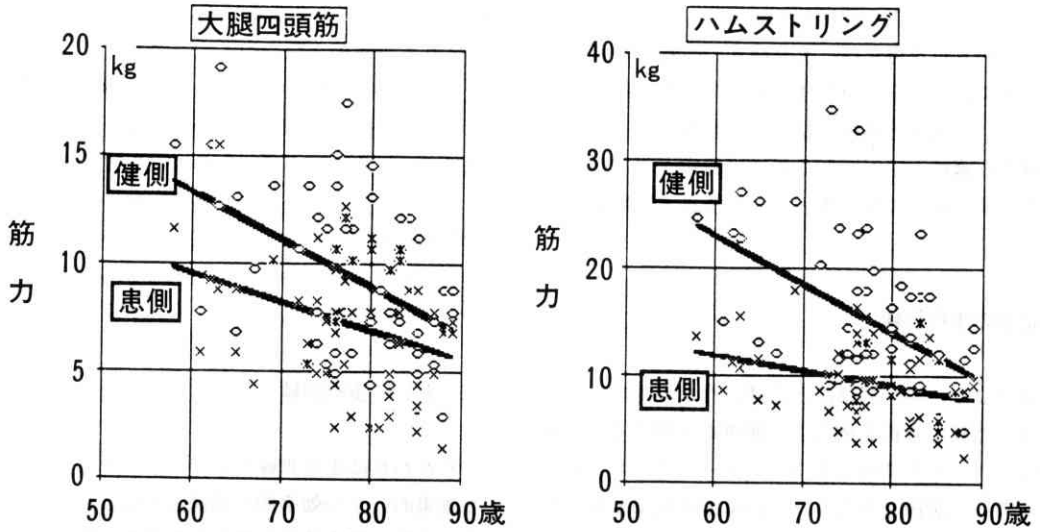


図1. 大腿骨頸部骨折患者における下肢筋力  
: 加齢と共に筋力は低下する。

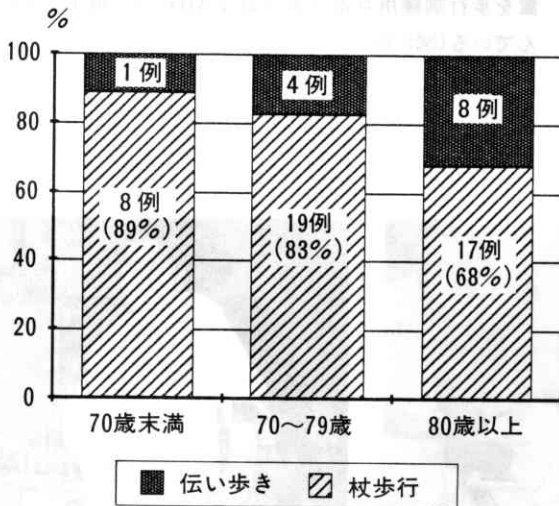


図2. 大腿骨頸部骨折術後の歩行能力:  
加齢と共に歩行不能例は増加する。

各筋群の訓練、起座、立位、歩行器、松葉杖など患者自身の努力と忍耐に負うところが極めて多い。若い人に比べ、予備力の低下している老人ではこれらの訓練は辛く、真に効果を上げるためにはわれわれ医療スタッフががかりきりになる必要がある。しかし患者も多く、人手も少ない中では訓練効果を十分あげることが出来ず、意欲のない患者は次第に取り残され、寝たきりとなることもある。図3はある老人病院における寝たきり老人



図3. 老人病院における寝たきり老人

り患者であるが、老人性痴呆も加わり、極めて悲惨な状態と言わざるを得ない。また将来の高齢化社会の到来とともに、これらの寝たきり老人を介護する若い医療スタッフの減少と高齢化は容易に想像できる。そして訓練や介護に人手がかかる患者の将来は明るいものとは言えず、決して他人事と言って済まず訳にはいかない。

## 2. 従来の歩行訓練

従来の立位、歩行訓練はどの様に行なわれているかにつき、下肢の骨折を例にとり簡単に説明する。術後早期よりベッド上で行なうフローティングとわれわれが呼んでいる訓練を行なう。これは術後関節や筋肉が硬くなっている状態を改善し、徐々に筋力をつけるものである。ベッド上で起座が可能となると車椅子での移動訓練を行なう。車椅子訓練と平行して傾斜台による起立訓練を行なう。これは患者を仰臥位の状態から徐々に台を傾斜させ、起立位まで持ってゆくものである。立位保持がある程度可能となった段階から、平行

棒、歩行器、そして松葉杖による歩行訓練を開始する。いずれも患者の上肢の力により体を支えて歩行を行なうものである(図4)。また、ハバード・タンクやプールなど、浮力を利用した訓練も行なう。しかし、医療スタッフも毎日水に入らねばならず、設備も大掛かりとなり大変である。これらの訓練は患者自身の努力と忍耐に負うところが極めて多く、いかにすれば患者の意欲を盛り上げることが出来るかが成績を左右するといっても過言ではない。

## 3. 新しい歩行訓練

われわれは歩行訓練を必要とする患者に対して、より効果的、かつ効率的な訓練と早期社会復帰を目的として十分に安全性を考慮した装置を考案した。本装置は体幹を保持しつつ、患者の体重を軽減し、わずかな筋力で免荷歩行訓練が可能であり、われわれはこの装置を歩行訓練用ロボット(以下AID-1と略す。)と呼んでいる(図5,6)。



4-A



4-B



4-C

図4. 従来の起立・歩行訓練： 4-A斜面台、4-B歩行器、4-C杖、

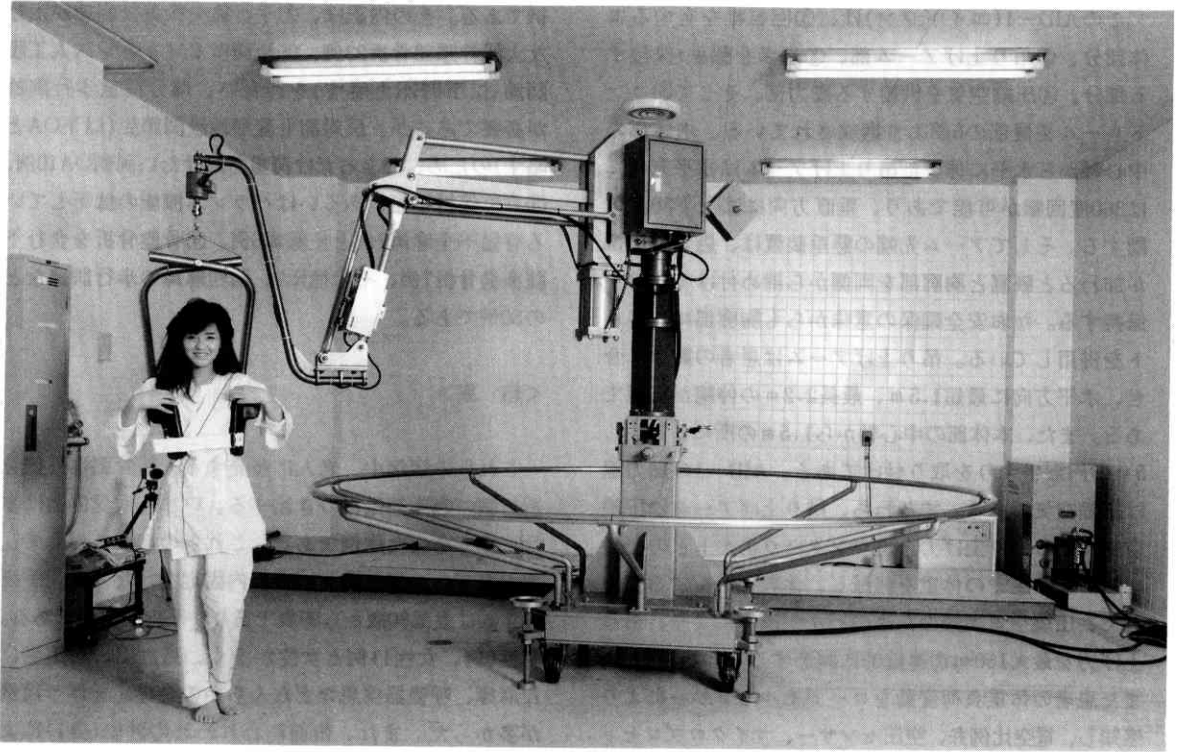


図5. 歩行訓練用ロボット (AID-1) 全景：  
空圧により患者を吊り上げて体重を軽減し、  
わずかな筋力で免荷歩行訓練を行なう。

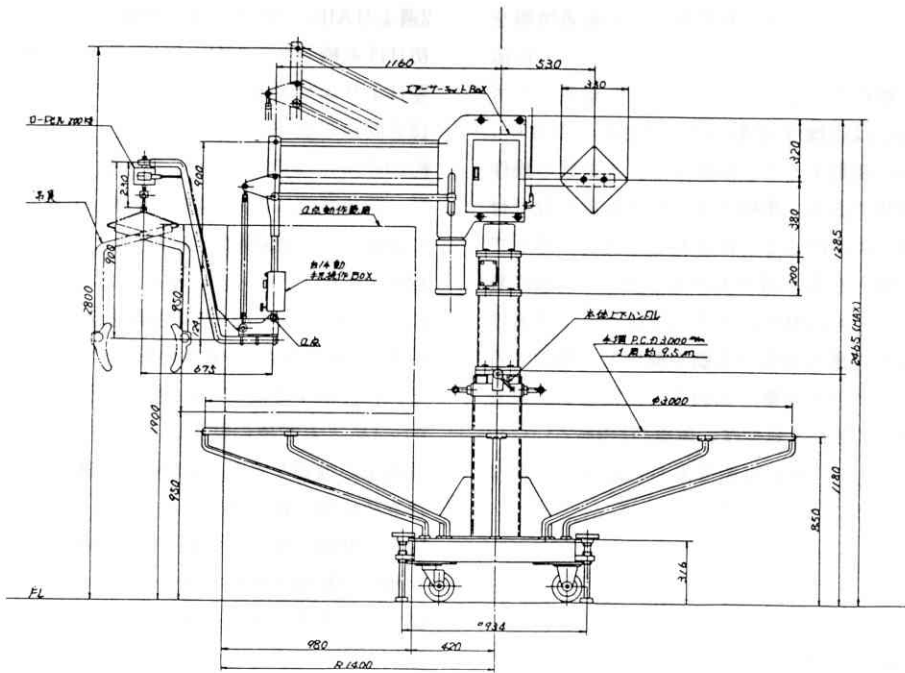


図6. AID-1の機構図

このAID-1(エイドワン)は、①回転軸を有する本体部分、②吊り上げアーム部、③患者を懸垂・保持する部分、④圧縮空気を供給する動力部、そして⑤コントロール装置部の5部より構成されている。本体部の中心軸から水平に伸びた吊り上げアームは水平方向には360度回転が可能であり、垂直方向には上下30度可動する。そしてアーム先端の懸垂装置は、患者の体重が加わると腋窩と胸廓部を両側から締め付けて体幹を保持する。なお安全確保の意味からも胸廓部にはベルトを併用している。吊り上げアームは患者の動きに合せ、水平方向に最短1.5m、最長2.2mの伸縮が可能である。また、本体部の中心軸から1.5mの所に、高さ1.5mの円形手すりを取り付けてある。AID-1の動力源は圧縮空気である。すなわち、吊り上げアームは圧縮空気による吊り上げ力とカウンターウエイトとのバランスにより患者の体重を軽減し、体幹を保持する。そして、圧縮空気調節のためのバルブ操作により、吊り上げ力を最大150kg迄連続的に調節することが出来る。また患者の体重負荷変動をロードセルセンサーにより感知し、電空比例弁、空圧センサー、マイクロプロセッサ等により、高機能、高精度の体重負荷コントロールを行なうことが可能である。さらに本装置の作業環境等を考慮し、制御ラインには光ファイバーケーブルを使用している。そして体重負荷率などの患者情報をワイヤレスモデムを介してホストコンピューターに伝送し、データ解析を可能としている。また電源ノイズや停電、あるいは誤操作対策には万全を期しており、随時手動操作に変更することが出来る。本装置の操作性は極めて簡便であり、車椅子上で懸垂装置を取り付け、空圧を徐々にかけることにより立位保持、そして免荷歩行が可能となる。吊り上げ力を設定した後は負荷の変動があっても自動的にその力を維持し、患者の転倒などによる急激な負荷の変動を検出して補正する緩衝機構により大きな衝撃が加わることはない。患者の足底の接地面に加わる負荷は、体重の1/2あるいは1/3というように自由に設定可能であり、安全に免荷歩行訓練をおこなうことができる。

#### <症 例>

昭和60年4月より昭和62年8月現在までの2年4ヶ月の間に、本装置を用いての歩行訓練を行なったのは86症

例である。その内訳は、①平行棒や松葉杖訓練が困難な大腿骨頸部骨折23例、②片側にセメントレス人工股関節(以下THRと略す)を行ない、部分荷重歩行訓練が必要であるが、反対側も変形性股関節症(以下OAと略す)のため、できるだけ荷重を避けたい両側OA10例、③立位保持不能、あるいはバランス機能の低下している脊髄不全麻痺7例と片麻痺6例、④骨盤骨折を含む下肢多発骨折7例、その他RA、脳性麻痺の歩行訓練などの30例である。

#### <結 果>

これらの症例中、老人に多発する大腿骨頸部外側骨折17例の臨床結果につき述べる。いずれも受傷前は歩行可能であった症例である。これらの症例に対して、主としてエンダーピンによる内固定を行なった。手術時年齢は最低80歳から89歳であり、平均83.8歳である。男性6例、女性11例と女性が多く、高血圧、心疾患、片麻痺、呼吸器疾患などなんらかの合併症を伴う症例が多かった。また、術前にわれわれの評価(表1)による中等度以上の老人性痴呆を伴っていたものは11例(64.7%)であった。術後早期よりベット上での体位変換や、起座などの理学療法を開始し、原則として術後2週よりAID-1による歩行訓練を行なった。歩行訓練初日は車椅子からAID-1の介助による起立より始め、翌日より歩行訓練を行なった。訓練時間は当初約5～15分間から始め、徐々に延長し、訓練開始1週間後には約20分から1時間をかけ、途中数回の休息時間を設けた。訓練期間は最短1週間から最長6週である。これらの訓練により最終的に歩行可能となったものは17例中12例(70.6%)であった。歩行不能となった症例は術前に高度(60点以下)の老人性痴呆を認めた3例全例と、中等度(60～79点)の老人性痴呆の2例(25%)であった。また術前に中等度以上の老人性痴呆を伴う11例中、AID-1による訓練の結果、歩行可能となり、かつ老人性痴呆の改善をみたのは5例(45.5%)であった。(表2)。代表的症例を紹介する。

症例：82歳、女性、大腿骨頸部外側骨折

歩行中転倒し当科を受診した。入院の時点において65点と中等度の老人性痴呆があり、病識がない、人の区別がつかないなど、たとえ手術をおこなったとしても将来は寝たきりになる可能性は大であったが、敢え

表1. 老年期痴呆の評価基準

評価項目	点数 (合計100点)		
	常時	時々	なし
1. 食欲の異常 (拒食、過食、食事の再要求など)	0	2	5
2. 尿、あるいは便失禁	0	5	10
3. 昼、夜の区別がつかない。 (傾眠傾向)	0	5	10
4. 自分のしたことをすぐ忘れる。	0	5	10
5. 衣服を脱いだり、バルーン点滴などを引きぬく。	0	5	10
6. 環境を取り違える。	0	5	10
7. 自分の名前、住所、年齢が 覚醒に分からない。	0	5	10
8. 人の区別がつかない。	0	5	10
9. 意欲がない。	0	5	10
10. 手術創や大便を手で触る。	0	5	15

0-59点：高度痴呆 60-79点：中等度痴呆 80点以上：正常

表2. 術前と歩行訓練後における痴呆の程度と歩行能力

症例 番号	年齢	性別	痴呆評価		AID-1による 訓練結果
			術前	訓練後	
1	83	男	100	100	歩行可能
2	87	女	100	100	〃
3	84	〃	100	100	〃
4	84	〃	100	100	〃
5	81	〃	100	100	〃
6	87	〃	90	95	〃
7	80	〃	75	95	〃
8	82	〃	75	95	〃
9	82	〃	65	100	〃
10	82	〃	65	95	〃
11	80	〃	65	90	〃
12	89	男	65	65	〃
13	80	〃	65	42	歩行不能
14	86	〃	60	55	〃
15	94	〃	55	60	〃
16	84	〃	30	25	〃
17	80	女	20	25	〃

老人性痴呆評価点数： 高度 (60点以下) 中等度 (60~79点) 正常 (80点以上)

てエンダーピンによる骨折手術を試みた。術後2週よりAID-1による起立訓練を開始したが、当初は歩行に対する意欲もなく、立位保持は困難であった。1週後にはわずかな介助により、車椅子からの立位、そして1/2体重負荷歩行が可能となり、訓練開始後3週ではほぼ自力歩行可能となり、老人性痴呆も95点と改善した(図7)。

このように、AID-1は従来極めて困難であった体幹の保持と患部の免荷という相反することを可能にした。そして、患者は楽しみながら立位ならびに歩行訓練ができたことに満足している。また歩行訓練そのものが適度の刺激となり、老人性痴呆の改善や予防に効果があることも分かった。さらに下肢の多発開放骨折に対して創外固定をおこなった症例では、歩行訓練用プールなどと異なり開放創があっても術後早期に免荷歩行訓練をおこなうことができた。

#### 〈考案〉

### 1. 老人問題と整形外科

高齢化社会を迎えた我が国において、寝たきり老人

の増加と、それを介護する人手の高齢化と減少は容易に想像できる。昨今の新聞やテレビなどでも老人問題が大きく取り扱われ、いかにすれば寝たきり老人の増加を防ぐことができるか、あるいは介護はどのようにすれば良いかが議論されるようになってきた。厚生省の肝入りによる中間施設のモデル設置などはこれらの諸問題に対するひとつの政策であり、評価することができる。しかしながらこれらの施設や老人病院において、どのような方法でいかにすれば患者の自立と社会復帰が可能となるかを議論することが大切である。これからの医療は予防医学の分野が大きく発展していくものと想像しているが、高齢化社会の到来とともに「寝たきりにならないように足腰を鍛え、不幸にして歩行能力が低下した場合には苦痛を伴うことなく、楽しくリハビリができる」ような方法を考えて行くことがわれわれ整形外科医に課された問題であると認識している。

### 2. AID-1の開発と歩行訓練

今日の日本における自動車産業を始めとする製造・加工産業の分野において産業用ロボットの活躍には目

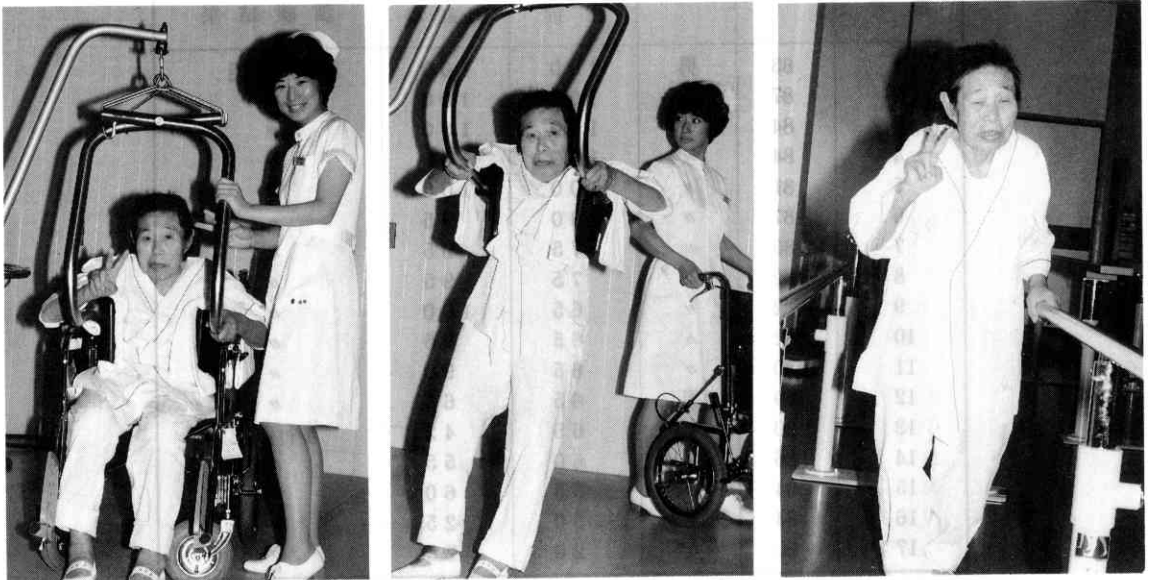


図7. 深〇沢〇、82才、女、左大腿骨頸部外側骨折



を見張るものがある。これらのロボットは生産効率の安定と品質管理に役立っており、少ない人手で大量の品物を作り出すことが可能なわけであり、これからも益々発展して行くであろう。このような人間の仕事を代行するロボットの出現は、苛酷な条件の下で働く人間に代り原子力、建設、海洋、林業などのあらゆる分野において期待されており、既に一部は実用化がなされている。これらの分野におけるロボット化に共通することは、劣悪な環境、人手の高齢化、熟練者の減少、人手がかかり過ぎるなど医療分野での問題点と共通する部分も多い。しかし、これらのロボットの開発において、その作業対象となるものは現在のところ人間以外である。その理由として考えられることは、先ず第一に安全性の問題であろう。自動車や森林相手であれば、たとえロボットによる作業が失敗したとしてもせいぜい製品が壊れる程度ですむが、人間相手ではそうはいかない。第二に心理的な面である。機械に介護してもらいより、やはり看護婦やPTなどの人力による方が好まれる。しかし、前述のような現状を考え、われわれは歩行訓練を必要とする患者に対して、より効果的、かつ効率的な訓練を目的として十分に安全性を考慮した本装置を考案した。われわれは昭和58年にAID-1の基本設計に着手し、昭和60年3月、試作機が完成した。安全性を確認後、厳重な医師の監督のもとに試用し、その開発経過と臨床応用に関して、第12回関東整形災害外科学会1)、第24回日本人工臓器学会2)、第60回日本整形外科学会総会等3)に発表してきた。また国際保健福祉機器展'86、シルバーフェスティバル福島'87に招待展示した。AID-1はロボットの一般的概念4).5).6).7).8)からすると、ほど遠い単純な装置である。しかし、われわれは本装置を足掛かりに高度な機能を備えた本格的なロボットを現在開発中であり、すでに実用試作機はほぼ完成している。

そして、これらの訓練装置を使用するにあたり、最も大切なことは患者の疾患の回復に対する意欲である。現在、各医療施設で使用されている立位、歩行訓練装置には傾斜台、平行棒、歩行器等があるが、いずれも患者の歩行に対する強い意欲を訓練当初より必要とする。また、訓練にあたり疼痛や苦痛を与えることも多い。これらの患者の疾患の回復に対する意欲を低下させることなく歩行訓練を開始することができればこれにこしたことはない。AID-1による訓練をおこなっ

た患者の多くは疼痛や苦痛を訴えることなく、むしろ訓練を楽しんでいた。われわれは、訓練を楽しませる工夫こそ疾患の早期回復に大切なものであると考えている。

#### 〈ま と め〉

1. 考案した歩行訓練用ロボット(AID-1)は従来困難であった体幹の保持と免荷を同時に可能とし、より効果的かつ効率的な歩行訓練をおこなうことができた。
  2. AID-1は老人性痴呆の予防や改善に役立つことが明らかとなった。
  3. 本装置により訓練をおこなった患者の多くは疼痛や苦痛を訴えることなく、訓練を楽しみながら、回復に向かっていくように思われた。
- (本研究の一部は昭和62年度文部省一般研究(B)の助成によりおこなった。)

#### 文 献

- 1) 井手隆俊、赤松功也、中島育昌:歩行訓練用ロボット(AID-1)の開発と臨床応用. 関東整災誌, 18: 149-152, 1987.
- 2) 井手隆俊、赤松功也、中島育昌:リハビリテーション機器のロボット化. 第24回日本人工臓器学会予稿集, 24:35, 1986.
- 3) 井手隆俊、赤松功也、中島育昌:歩行訓練用ロボット(AID-1)の開発. 整・災外, 29:825-828, 1986.
- 4) 菊池 眞:医学教育におけるロボット. 日本ロボット学会誌, 3:569-573, 1985.
- 5) 三浦宏文:自然環境におけるロボット利用への期待. 日本ロボット学会誌, 4:124-125, 1986.
- 6) 手塚治虫、加藤一郎、内山勝ほか:鉄腕アトムの世界とロボット技術. 日本ロボット学会誌, 4:306-311, 1986.
- 7) 辻 三郎、江尻正員:人間支援のためのロボット技術. ロボット工学とその応用, 初版, 電子通信学会, p267-299, 1984.
- 8) 山村雄一、石井威望、渥美和彦:ロボットと人工臓器. 第1刷, 中山書店, p3-57, 1984.



**Abstract****Problems and solutions of the aged people relates to orthoepadic surgery**

Takatosi IDE, Noriya AKAMATSU and Ikumasa NAKAJIMA

Aged people in beds is concerned big social problem in Japan. It is easily understandable that there are increasing in number of them confined to bed and a decreasing in numbers and advance in age of their aides. If these patients can regain their ability to walk, it encoverages their independence and an earlier return to the society. We have developed a gait training apparatus that yields the maximum effect on them to resolve the problem, and it requires only few medical staff. It was named gait training robot (AID-1). The apparatus has been used for 86 cases of the aged people including trochanteric fracture of the femur with patients of post operating disability in gait. The AID-1 makes it possible to alleviate the problems of trunk support and decreasing body weight, in addition it also improved dementia caused in older age. Patients enjoy the training without pain or difficulty, and they are spontaneously getting recovered.

---

Department of Orthoepadic Surgery