



Title	空手の力学的考察 : I.基本技術(1)
Author(s)	竹内, 茂
Citation	北海道教育大学紀要. 第二部. A, 数学・物理学・化学・工学編, 21(2) : 58-65
Issue Date	1971-02
URL	http://s-ir.sap.hokkyodai.ac.jp/dspace/handle/123456789/5933
Rights	

空手の力学的考察

I. 基本技術(1)

竹内 茂

北海道教育大学旭川分校物理学教室

Mechanical Considerations of KARATE

I. Fundamental Techniques (1)

Shigeru TAKEUCHI

Department of Physics, Asahikawa Branch, Hokkaido University
of Education, Asahikawa

Abstract

Tsuki (punching) is a fundamental karate technique.

The basic punching techniques of karate achieve their power by the concentration of maximum force at the moment of impact.

This concentration of force depends greatly upon the speed with which techniques are executed.

Other things being equal, greater speed will yield increased power.

The punch of an advanced karateist can travel at a speed of 13 m/sec, and generate power to destroy as much as 700 kgw.

While the punch is traveling to the target, power moves from the center of the body through the major muscles to the extremities, ending in the hand.

This power moves from one part of the body to the next in a time as short as 1/100 of a second.

§1. 緒言

空手は元来沖縄に生まれたもので日本の相撲、柔道、西欧諸国の boxing, wrestling、中国の拳法等と同じく身を護り敵を倒す術である。空手がこれらと比較して特異な点とする処は激しい鍛練によって技を施す手足等の部分そのものが武器化して身に寸鉄を帯びずとも徒手空拳で刃物や鉄砲を持った敵に立ち向かい防禦、攻撃の技を自由に駆使してそれを倒す事が出来る。即ち実際の闘争に応用したとき手足等の鍛練した部分は突き、打つ、蹴りに用いた場合は武器を持ったと同じ効果を示す事が出来る。

空手がその特色として誇るものは、柔道などと共に全くの徒手空拳であり乍らその手足等の部分を激しい鍛練によって恰かも武器を取ったに等しい程の強烈さまでに鍛え上げることである。その為にとすると一拳をもって数枚の厚板を割ったり、一蹴をもって数枚の瓦を紛砕したりする武器化された手足等の働きだけを空手の真髄なりと考える人が多いように思われるが、これは鍛練によ

って手足等が武器化されたのであって空手の特色であるが生命ではない、これらの鍛練の結果、異常にまで鍛え上げられた手足等を独特の技によって更に生かす事こそその生命である⁴⁾。空手は基本、型、組手と分類されるがその技を見る時に力学的要素に分解して考察出来る部分が非常に多い、然るに過去においては比較的細かな空手の力学的考察は殆どされていない、筆者は当大学旭川分校の空手部長をつとめ、学生に空手の技を指導したり、一緒に練習もするので技の観察出来る機会が多い、更に筆者は全日本空手道連盟和道会の創始者であり名誉会長である大塚博紀最高師範より時々指導を受け、その技の細かい運用につき詳しい説明を聴いているのでそれを基礎にして先ず基本から力学的考察を加えて行きたい。

§2. 順 突 き

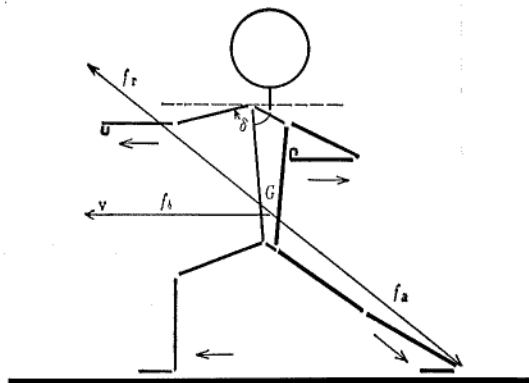


Fig. 1 Jyun-zuki (lunge punch)

- f_a : action
- f_r : reaction
- f_h : horizontal element of reaction
- v : velocity of upper body
- δ : angle of arm
- G: center of gravity of body

順突きは Fig. 1 に示す如く大きく前進しながら行なう技で重心の移動をとまなうから運動量が増し打撃の効果も大きい。体重を m 重心の速さを v とすれば運動量は mv となる。前進の時、足を踏み出すというよりもむしろ反対側の足を後に強く突っ張りその反作用を利用して腰をぐつと前方へ押し出す⁵⁾。その時上体は直立させ他の諸制約を考えに入れながら、可能な範囲で後脚で床面の角度を小さくするように出来るだけ腰を低く落とすと強い威力のある突きとなる。即ち反作用を f_r 体の作用線と床面とのなす角を θ 水平分力を f_h とすると

$$f_h = f_r \cos \theta \tag{1}$$

の関係にあるからである。腕の speed は反対の腕の引きの速い程大きく上体の回転にもなって突き出され脚・腰・突きが同時にきまって水月を突く。上腕の長さを r 前方水平軸とのなす角を δ とすれば上腕の中心の変位 r_1 は

$$r_1 = -\frac{r}{2} \cos \delta \tag{2}$$

となり角速度 ω_r とすれば速度 v_r は

$$v_r = \frac{dr_1}{dt} = \frac{r}{2} \omega_r \sin \delta \tag{3}$$

加速度 a_r は

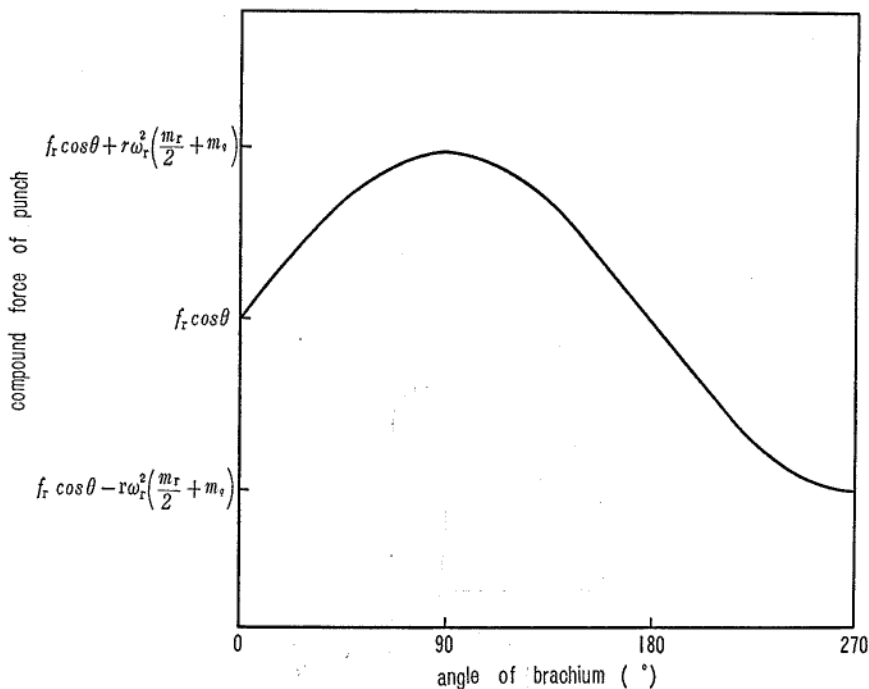


Fig. 2 Relationship of force to angle of brachium

- f_r : reaction
- θ : angle of line of action of body
- r : length of brachium
- ω_r : angular velocity of brachium
- m_r : mass of brachium
- m_q : mass of forearm

$$a_r = \frac{r}{2} \left(\frac{d\omega_r}{dt} \sin \delta + \omega_r^2 \cos \delta \right) = \frac{r}{2} \sqrt{\left(\frac{d\omega_r}{dt} \right)^2 + \omega_r^4} \cdot \cos(\delta - \eta) \tag{4}$$

$$\tan \eta = \frac{\frac{d\omega_r}{dt}}{\omega_r^2} \tag{5}$$

$d\omega_r/dt = 0$ の時, $\delta = 0$ なら加速度 a_r は最大となる. 同様に前腕の拳の変位 q_1 は

$$q_1 = q - r \cos \delta \tag{6}$$

速度 v_q は

$$v_q = r \omega_r \sin \delta \tag{7}$$

加速度 a_q は

$$a_q = r \left(\frac{d\omega_r}{dt} \sin \delta + \omega_r^2 \cos \delta \right) = r \sqrt{\left(\frac{d\omega_r}{dt} \right)^2 + \omega_r^4} \cdot \cos(\delta - \eta) \tag{8}$$

で $d\omega_r/dt = 0$ の時, $\delta = 0$ なら加速度 a_q は最大となる. 今上腕の質量を m_r, m_q とすれば, 突きの合力 F_1 は (1) (4) (8) より

$$F_1 = f_h + m_r a_r + m_q a_q = f_r \cos \theta + r \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \sqrt{\left(\frac{d\omega_r}{dt} \right)^2 + \omega_r^4} \cdot \cos(\delta - \eta) \tag{9}$$

今体の作用線と床面とのなす角を θ_0 上腕の角速度 ω_r を一定とすれば合力は

$$F'_1 = f_r \cos \theta_0 + r \omega_r^2 \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \cos \delta \tag{10}$$

となり graph は Fig. 2 の如くなる. 突きの始めは上腕の $\delta \doteq \pi/6$ 角度なので加速度は大きく臂が体の鉛直線を通して伸びる迄は δ の値は $(\pi/2 < \delta \leq \pi)$ の範囲にあるので負の加速度となり力が弱る. 実際T二段の直突きの際の加速度を詳細に調べて見ると, 突き始めに大きい加速度があり直後マイナスの加速度となり腕伸展途中に再び大きい加速度が二回目として現われ, 次にマイナスの加速度となる. その大きさは突きの始めにおいて 74 m/sec^2 腕伸展時において 37 m/sec^2 であった¹⁾. したがって理論的に見て最初の加速度は自然に出るが二回目の加速度は腕の速度を早めなければならない. 上腕の中心の速度は (7) より $v_q/2$ 前腕骨を軸としての慣性モーメントを I' 角速度を ω' とすると運動エネルギー T_1 は

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{m_q(v+v_q)^2}{2} + \frac{m_r(v+v_q/2)^2}{2} + \frac{(m-m_q-m_r)v^2}{2} + \frac{I'\omega'^2}{2} \\
 &= \frac{m_q(v+r \cdot \sin \delta \cdot \omega_r)^2}{2} + \frac{m_r(v+r \cdot \sin \delta \cdot \omega_r/2)^2}{2} \\
 &\quad + \frac{(m-m_q-m_r)v^2}{2} + \frac{I'\omega'^2}{2} \tag{11}
 \end{aligned}$$

上式の右辺の第1項は前腕の運動エネルギー第2項は上腕の運動エネルギー第3項は突き出した腕以外の身体の運動エネルギー第4項は前腕の回転による運動エネルギーである. したがって1, 2項は腕の速さできまり, 3項は前進の速さできまり, 4項は前腕の回転角速度できまり. 順突きにおいて脚・腰・突きの技が同時にきまる時, これらの1~4項のエネルギーが同時に働いて偉力を発揮する.

§3. 逆 突 き

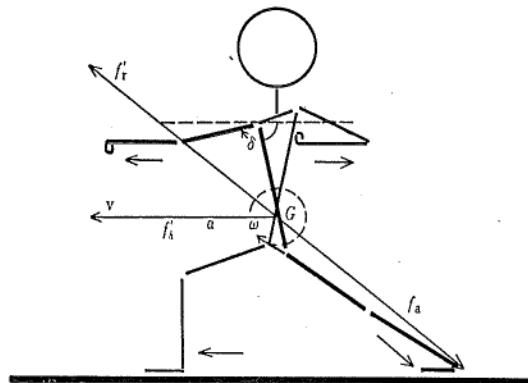


Fig. 3 Gyaku-zuki (reverse punch)

- f_a : action
- f_r : reaction
- f'_h : horizontal element of reaction
- v : velocity of upper body
- δ : angle of arm
- G: center of gravity of body
- ω : angular velocity of hip
- α : angular acceleration of hip

逆突きは腰を回転することによって始められ, 腰・胸・肩・腕・手と連鎖運動を起して speed が増大され最後に拳が目標に激突して爆発する. 具体的には左右交互であるが左足前屈のまま右方の拳を腰に構え水月前方の左拳を引き寄せながら timing よく腰を回転する⁴⁾. 後足の突っ張りをきかせ反作用を利用しての突きだしなので思いきり強く後足の膝をつっぱりながら拳をさっと突き出す.

後膝を伸ばし後脚で斜め下方へ床面を強く押せば、それだけ足に対する床の反圧が加わり押しの力がより大きな水平分力を生み、それを利用した突きの効果は大きくなる。激突した瞬間は腰・胸・肩・腕・手などが一本の鉄棒のようにあるいは一枚の鉄板のように強固に連続されることが大切である。そのために多くの必要な筋肉は協調して強く収縮しながら腰の回転にもとづく効果的な偶力の活用で突くのである。逆突きの場合後足のつっぱりによる反作用 f'_r は同じ側の手と足が一直線上の力になるので順突きより大きく $f'_r > f_r$ となり水平分力 f'_h は

$$f'_h = f'_r \cos \theta \quad (12)$$

で $f'_h > f_h$ となるので逆突きの水平分力も順突きより大きい。又腰の周りの角速度を ω 頭部及び胴体の体の鉛直軸の周りの慣性モーメントを I 肩の周りの回転半径を S 腕のつけ根の前方への運動量を P とすれば

$$P = \frac{I\omega}{S} \quad (13)$$

頭部及び胴体の質量を m_c とすれば、腕のつけ根の前方への運動エネルギーは

$$\frac{P^2}{2m_c} = \frac{I^2\omega^2}{2m_c S^2} \quad (14)$$

となる。又腰の角加速度を α 肩のつけ根の前方への水平力を f_s とすれば

$$f_s = \frac{I\alpha}{S} \quad (15)$$

となる。突きの合力 F_2 は (4) (8) (15) の関係から

$$F_2 = f'_r \cos \theta + \frac{I\alpha}{S} + r \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \sqrt{\left(\frac{d\omega_r}{dt} \right)^2 + \omega_r^4 \cdot \cos(\delta - \eta)} \quad (16)$$

となり θ 及び ω_r を一定とすれば合力は

$$F'_2 = f'_r \cos \theta_0 + \frac{I\alpha}{S} + r\omega_r^2 \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \cos \delta \quad (17)$$

となり順突きの (10) 式と比較するとき $f'_r > f_r$, $I\alpha/S > 0$ なる関係から逆突きの拳の力は順突きの場合よりずっと大きく $F_2 > F_1$ となる。又逆突きの運動エネルギー T_2 は (11) 及び (13) より

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{m_q(v+v_q)^2}{2} + \frac{m_r(v+v_q/2)^2}{2} + \frac{(m-m_q-m_r)v^2}{2} + \frac{I^2\omega^2}{2m_c S^2} + \frac{I'\omega'^2}{2} \\ &= \frac{m_q(v+r\sin\delta\cdot\omega_r)^2}{2} + \frac{m_r(v+r\sin\delta\cdot\omega_r/2)^2}{2} + \frac{(m-m_q-m_r)v^2}{2} \\ &\quad + \frac{I^2\omega^2}{2m_c S^2} + \frac{I'\omega'^2}{2} \end{aligned} \quad (18)$$

となり順突きの運動エネルギーと比較するとき $I^2\omega^2/(2m_c S^2) > 0$ だけ多いので $T_2 > T_1$ となり運動エネルギーも逆突きの方が順突きの場合より大きい。

§4. 突 き 込 み

手足の関係は順突きと同じで前進しながら突いて行く技であるが、両足の間をT字型にして後脚を伸展して押す力線と腕で前を突く力線が略一致するかのようにつま先を前傾し腰を入れながら肩を流し顎を突く⁴⁾。後脚と床面の角度を小さくするようにつま先を落して、その反作用 f_r をそのまま利用して上体の流れと共に繰り出された突きは脚・腰・腕が同時に一直線となってくる。

上体の腕のつけ根の前方への変位 S_1 は肩幅と前方水平軸とのなす角を β , 肩の周りの回転半径を S とすれば

$$S_1 = -S \cos \beta \quad (19)$$

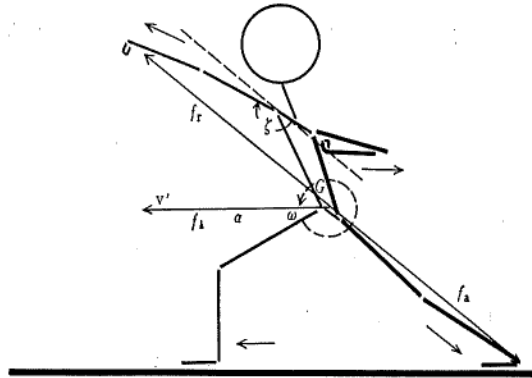


Fig. 4 Tsukikomi (flowing punch)

- f_a : action
- f_r : reaction
- f_h : horizontal element of reaction
- v' : velocity of upper body
- ζ : angle of arm
- G: center of gravity of body
- ω : angular velocity of hip
- α : angular acceleration of hip

腕のつけ根の速度 v_s は腰の周りの角速度を ω とすれば

$$v_s = \frac{dS_1}{dt} = S \omega \sin \beta \tag{20}$$

加速度 a_s は、

$$a_s = S \left(\frac{d\omega}{dt} \sin \beta + \omega^2 \cos \beta \right) = S \sqrt{\left(\frac{d\omega}{dt} \right)^2 + \omega^4} \cdot \cos(\beta - \xi) \tag{21}$$

$$\tan \xi = \frac{d\omega/dt}{\omega^2} \tag{22}$$

$d\omega/dt = 0$ の時 $\beta = 0$ で加速度は最大となる。上腕と身体作用線のなす角を ζ とすれば上腕の中心の変位 r_2 は

$$r_2 = -\frac{r}{2} \cos \zeta \tag{23}$$

となり速度 v'_r は上腕の角速度を ω'_r とすれば

$$v'_r = \frac{dr_2}{dt} = \frac{r}{2} \omega'_r \sin \zeta \tag{24}$$

加速度 a'_r は

$$a'_r = \frac{r}{2} \left(\frac{d\omega'_r}{dt} \sin \zeta + \omega'^2_r \cos \zeta \right) = \frac{r}{2} \sqrt{\left(\frac{d\omega'_r}{dt} \right)^2 + \omega'^4_r} \cdot \cos(\zeta - \eta') \tag{25}$$

$$\tan \eta' = \frac{d\omega'_r/dt}{\omega'^2_r} \tag{26}$$

$d\omega'_r/dt = 0$ の時 $\zeta = 0$ なら加速度 a'_r は最大となる。同様に拳の変位 q'_1 は

$$q'_1 = q - r \cos \zeta \tag{27}$$

速度 v'_q は

$$v'_q = r \omega'_r \sin \zeta \tag{28}$$

加速度 a'_q は

$$a'_q = r \left(\frac{d\omega'_r}{dt} \sin \zeta + \omega'^2_r \cos \zeta \right) = r \sqrt{\left(\frac{d\omega'_r}{dt} \right)^2 + \omega'^4_r} \cdot \cos(\zeta - \eta') \quad (29)$$

で $d\omega'_r/dt = 0$ の時 $\zeta = 0$ なら加速度 a'_q は最大となる. 突きの合力 F_3 は (13) (20) (21) (29) より

$$\begin{aligned} F_3 &= f_r + \frac{Pa_s}{v_s} + r \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \sqrt{\left(\frac{d\omega'_r}{dt} \right)^2 + \omega'^4_r} \cdot \cos(\zeta - \eta') \\ &= f_r + \frac{I \sqrt{\left(\frac{d\omega}{dt} \right)^2 + \omega^4}}{S \sin \beta} \cos(\beta - \xi) + r \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \\ &\quad \times \sqrt{\left(\frac{d\omega'_r}{dt} \right)^2 + \omega'^4_r} \cdot \cos(\zeta - \eta') \end{aligned} \quad (30)$$

上腕の角速度 ω'_r 及び腰の角速度 ω を一定とすれば $\zeta = \pi$, $\beta = 5\pi/6$ から

$$F_3 = f_r + \frac{\sqrt{3} I \omega^2}{S} + r \omega'^2_r \left(\frac{m_r}{2} + m_q \right) \cos \zeta \quad (31)$$

となり上式右辺の第 1 項を (10), (17) の右辺の第 1 項と比較する時 $f_r \cos \theta_0$, $f'_r \cos \theta_0 < f_r$ となり体の反作用は順突きや逆突きより大である. 又腰を良くきると (31) 式の右辺の第 2 項が大きくなり非常に強い突きとなる⁴⁾. 上体の速度を v' とすれば運動エネルギーは T_3 は (11) の右辺の第 4 項, (14) 並びに Fig. 4 より

$$\begin{aligned} T_3 &= \frac{m_q(v + v_q)^2}{2} + \frac{m_r(v + v_q/2)^2}{2} + \frac{(m - m_q - m_r)v'^2}{2} + \frac{I^2\omega^2}{2m_0S^2} + \frac{I'\omega'^2}{2} \\ &= \frac{m_r(v + r \sin \delta \cdot \omega_r)^2}{2} + \frac{m_r(v + r \cdot \sin \delta \cdot \omega_r/2)^2}{2} + \frac{(m - m_q - m_r)v'^2}{2} \\ &\quad + \frac{I^2\omega^2}{2m_0S^2} + \frac{I'\omega'^2}{2} \end{aligned} \quad (32)$$

$v < v'$ なので ω が大になれば突き込みは大きな運動エネルギーとなる.

§5. 結 論

突きの基本的技術を分析して考えると順突きは前進しながら行なう技なので後脚の突っ張りによる体全体の反作用と腕の力により前方を突く. 運動エネルギーは腕と体の直進のエネルギーの外に前腕の回転によるエネルギーが大きく働くのである. 逆突きは後脚の突っ張りによる反作用が順突きより大きく腕の力は同じであるが, 腰の回転による上半身の力が大きく働いてくる. 運動エネルギーも体の直進や腕の直進・回転によるものは順突きと大体同じであるが上半身の回転によるエネルギーが大きく働く. 突き込みは腕の力は順突きや逆突きと大体同じであるが後脚の突っ張りによる反作用は更に大きくなり腰を良くきると上体の回転による力も大きくなる. 運動エネルギーは上体の前進によるエネルギーが他より大きく上体の回転が速い場合は上半身のエネルギーが更に大きくなる. いずれの場合でも良くコントロールされた身体各部分の力が同時に同方向に同一目的に協力して働いてこそ始めて強大な力が得られる. 突いた瞬間, 体の各部分の力をごく短時間, 拳に集中させて衝撃力を大にしなければならぬ. 熟達者が拳を突き出す speed は最高瞬間速度 13 m/sec に達し, その破壊力は 700 kgw という強大なものである²⁾.

最後に空手道の御指導を戴いた全日本空手道連盟和道会名誉会長 大塚博紀最高師範, 資料を御提供下さった拓殖大学加藤芳雄教授並びに原稿を読んで下さって有益な御助言と御意見を戴いた北海道教育大学札幌分校主事 瀬川良弘教授に深く感謝する.

文 献

- 1) 加藤芳雄: 拓殖大学編集 (1958) 16. p. 1.
- 2) 加藤芳雄: 拓殖大学編集 (1963) 25. p. 1.
- 3) マリオン・R・ブローア: 身体運動の力学 (ベースボールマガジン社 1964) p. 39.
- 4) 大塚博紀: 未発表

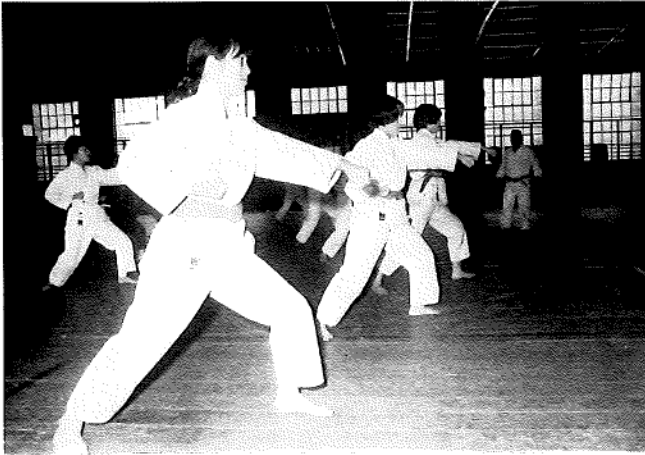


Photo. 1 Jyun-zuki (lunge punch)

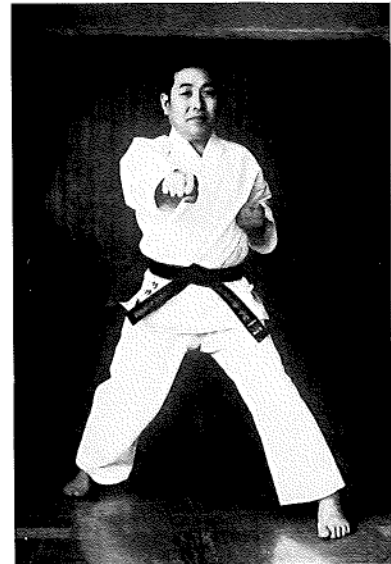


Photo. 2 Gyaku-zuki (reverse punch)

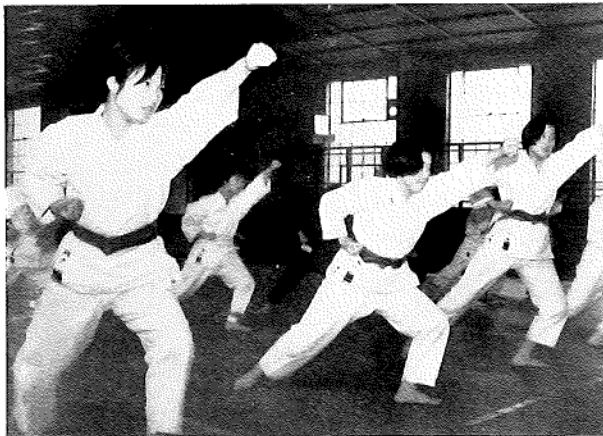


Photo. 3 Tsukikomi (flowing punch)