過重力下に孵卵したヒヨコの前庭機能に関する研究

中野 博孝・原 浩貴・池田 卓生

Vestibular Function in Hypergravity-Hatched Chicks

Hiroataka Nakano, Hiroataka Hara, Takuo Ikeda

Department of Otolaryngology, Yamaguchi University School of Medicine

We compared the balance behaviour of 15 chicks hatched under 2 G with that of 14 chicks hatched under 1 G to investigate the influence of hatching under hypergravity on vestibular function. These two groups showed the same behaviour, so it seems probable that hatching under hypergravity produces scarcely any permanent disorder of vestibular function.

Key words: chick, vestibular function, hypergravity

緒 言

地上で生活する動物はみな1 G環境で発生、成育するため、1 G下の入力に適応し異重力環境で種々の適応障害が出現する。例えば、上昇中のロケットのような過重力や宇宙の微小重力空間で目的の姿勢や動作を達成するには困難を伴う。これらの障害を克服するにはいかなる工夫をすべきか、現在様々な研究がなされている。その中の1つに、異重力環境に育った生物の重力変化に対する適応の研究がある^{1)~3)}。

今回、我々は遠心力を利用して2 G空間を作り、孵卵第18日まで2 Gに暴露し孵化したヒナを作製した。孵化後の姿勢、動作を1 Gで孵卵したヒナと比較することにより、重力の変化に対する前庭機能の適応を検討した。

対 象

1) 孵卵条件: Babcock系ホワイトレグホンの産卵後2日以内の種卵を用いた。昭和フランキ製P-800型孵卵器を使用し、温度37.6°C、湿度60%で孵卵した。入卵から孵卵第18日までは1時間ごとに自動的に転卵した。

2) 重力負荷: 重力負荷群には山口大学式持続

過重力負荷装置(図1)を使用した。直径150 cmのアームに孵卵器が搭載されており、回転による遠心力で2 Gが負荷される。水分補給のための毎日30分以下の停止を除き、入卵から孵卵第18日まで回転を続け、その後21日まで静置し孵化させた。

コントロール群は実験室内に同一機種の孵卵器を21日静置して孵化させた。

方 法

実験1

上記の条件下で孵化した2 G負荷群のヒナ15羽

図1 山口大学式持続過重力負荷装置

(以下 2 G 群と略す) とコントロール群のヒナ14羽 (以下コントロール群と略す) を比較した後、孵化後第1日に以下の項目を観察した。

a) 頭部動揺の有無。

b) 暗室の止まり木 (直径 20 mm, プラスチック製) での静止能 (5 秒以上) の観察。孵化後 4 日にも 2 G 群12羽とコントロール群 8 羽で同様に観察した。

c) 仰臥位で背中を固定した場合の、頸部の右方捻転による右足伸展, 左足収縮の有無。

d) 頭部を下方にした宙吊り状態における頭部を水平に戻す反射の有無。

e) 仰臥位から起き上がるまでの時間の計測。

実験 2

孵化後 7 日まで生存した 2 G 群 8 羽とコントロール群 8 羽を暗室中で 1.5 m の高度より自由落下させた。その間 1/10 秒ごとにストロボを発光させ、自由落下中の姿勢を正面から写真撮影した (キャノン・イオス10使用)。撮影フィルムよ

り自由落下中の羽の傾き角度を計測した。羽の傾き角度は、落下方向を結んだ直線に垂線を引き、ヒナの羽の両端を結んだ直線とのなす角度を測定しその平均値を求めた。

結 果

実験 1 の結果を図 2 に示す。

a) 頭部動揺

2 G 群, コントロール群ともに不随意的な頭部動揺 (頭振) は認められなかった。

b) 止まり木上の静止

孵化後 1 日では 2 G 群は15羽すべて止まることができなかった。コントロール群は14羽中12羽は静止不能であったが, 2羽は静止可能であった。ただし, 2羽とも両足を大きく開いた不安定な姿勢をとり, 長時間の静止は不可能であった。

孵化後 4 日では 2 G 群12羽コントロール群 8 羽すべて静止可能であった。

c) 頸部捻転時の姿勢反射

2 G 群は15羽中14羽で反射が出現し, 1羽のみ

図 2 実験 1 の結果

仰臥位より立ち上がるまでの平均時間がコントロール群に比べ 2 G 群で延長傾向を示すものが多かった。

反射が出現しなかった。コントロール群は14羽すべてに反射が出現した。

d) 上下逆の宙吊りにおける姿勢反射

2 G 群は15羽中14羽で反射が出現し、コントロール群は14羽すべてに反射が出現した。

e) 仰臥位から起き上がりまでに要した時間

2 G 群はコントロール群に比べて起き上がりまでの時間の著しく長いものが多かった。しかし、統計学的に有意差を認めなかった。

これらの結果に加えて図3に見られるように2 G 群の筋力、体格はコントロール群に比べて劣っていた。

実験2の結果は自由落下中、2 G 群、コントロール群ともに下肢を伸展し背を伸ばし羽を広げる姿勢をとった(図4)。頭部の一方向への偏位や、体幹の回転は認められず、羽の傾き角度にも差は認められなかった(図5)。

考 察

過重力で孵卵した鶏胚耳石の形態について、原⁴⁾は卵形囊斑耳石膜の辺縁部にコントロール群に比べて有意に大量の巨大耳石が出現することを報告している。しかし、それらの巨大耳石の前庭機能上の意義は不明である。これらの耳石が機能しているとする、1 G 環境においては前庭有毛細胞に正常な耳石と比べて過大な負荷がかかり、適応障害によるヒナの行動異常が出現する可能性がある。

Park⁵⁾ら、Kenyon⁶⁾らはストレプトマイシンを投与して内耳障害を起こさせたヒナに対し、頭部の不随意な動揺、止まり木での静止の可否およびその姿勢、頸部捻転時の姿勢、頭部傾斜時の反応、仰臥位より立ち直るまでの時間を観察し、その一連の動作により前庭機能を評価し報告している。今回我々はこれらの方法を過重力下で孵卵したヒナに応用し、重力の変化が前庭機能に及ぼす影響を調べた。その結果、仰臥位より立ち上がるまでの平均時間がコントロール群に比べ2 G 群で延長傾向を示すものが多かったが、他の動作では2群間に差を認めなかった。さらに、2 G 群とコントロール群の前庭機能に差があれば、前庭脊髄反射に差異が生じ、自由落下中の頭部の傾きや体幹の傾きの違いとして強調される可能性があると考え実験2をおこなった。しかし、2 G 群もコントロール群も下肢は伸展し、自由落下中の姿勢に

図3 2 G 群(左)とコントロール群(右)
これら2者間に明らかな筋力、体格の違いが認められた。

図4 自由落下中のヒナの姿勢
2 G 群(左)とコントロール群(右)

図5 自由落下中の羽の傾斜角度

異常は認められなかった。頭部のどちらか一方への偏位もなく羽の傾きにも違いを認めなかった。

2 G 群とコントロール群の間には前述のような筋力、体格に差があり、これにも拘らず両群の間で様々の指標間に有意差を認めなかったことは注目される。今回の実験からは過重力下で孵化させたヒナには永続的な前庭機能障害は存在しない可能性が大きいと言える。

この実験の結果だけでは過重力下孵卵で生じた巨大耳石が孵化後の前庭機能に影響していないと断定することはできない。その理由として第一に、孵卵第18日目より孵化までの3日間は2 G 負荷をかけていないため前庭機能障害が代償されてしまった可能性があること、第二に巨大耳石は耳石膜辺縁部にのみ認められており、実験までの間に代謝されてしまった可能性も否定できないこと、第三に前庭機能障害は存在するが、今回の検査が鋭敏でないために異常所見を捕らえられなかった可能性のあることなどが挙げられる。これらの問題点を解決するためには新たな実験を必要とするが、今回の結果は過重力下孵卵のヒナの前庭機能を推測する一つの重要なデータであると考えられる。

ま と め

1) 孵卵第18日まで2 G を負荷したヒナ15羽について、孵化後1日の平衡動作をコントロール群のヒナ14羽と比較した。観察動作は頭部動揺、止まり木上の静止、頸部捻転時の姿勢反射、上下逆の宙吊りにおける姿勢反射、仰臥位から起上までに要した時間である。

2) 上記2群のヒナを孵化後7日目に自由落下

させ、落下中の姿勢を連続撮影し観察した。

3) いずれの観察項目においても、2 G 群とコントロール群の間で明らかな差を認めなかった。

文 献

- 1) 小池 元, 高間朗子, 浅島 誠: 両生類卵および胚の微小重力下での発生に関する基礎実験. 第8回宇宙利用シンポジウム抄録集: 151-153, 1991
- 2) 中村 宏, 豊島亜紀子: 宇宙実験の模擬系としてのウズラの過重力場における飼育. 第9回宇宙利用シンポジウム抄録集: 137-139, 1992
- 3) 緑川義教, 藤井隆宏, 菅原一郎: 宇宙実験エスカルゴの追跡調査と今後の実験計画. 第9回宇宙利用シンポジウム抄録集: 140-143, 1992
- 4) 原 浩貴: 過重力下に孵卵した鶏胚耳石の変化. 日耳鼻 96: 969-976, 1993
- 5) Park JC, Cohen GM: Vestibular ototoxicity in the chick. Am J Otolaryngol 3: 117-127, 1982
- 6) Kenyon RV, Kerschmann R, Silbergleit R: Streptomycin in the chick embryo: post-hatching vestibular behavior and morphology. Exp Brain Res 69: 260-271, 1988

(原稿到着: 平成6年5月2日
別刷請求先: 中野博孝
〒755 山口県宇部市大字小串1144
山口大学医学部耳鼻咽喉科学教室)