

胎児姿勢への重力関与の検討

三木猛生¹、阿部詩織²、伊東千香²、浜 正子²、酒井百世²、上条かほり²、吉川文彦²、山崎将生³、清水 強^{4,5}、根津八紘²

¹ 北里大学医学部衛生学公衆衛生学、² 諏訪マタニティークリニック、³ 藤田保健衛生大学 医療科学部臨床工学科 生理学教室、⁴ 福島県立医科大学(名誉教授)、⁵ 諏訪マタニティークリニック附属清水宇宙生理学研究所

Consideration of influence of gravity to the fetal attitude

TAKEO MIKI¹, SHIORI ABE², CHIKA ITO², MASAKO HAMA², MOMOYO SAKAI², KAORI KAMIJO², FUMIHIKO YOSHIKAWA², MASAO YAMASAKI², TSUYOSHI SHIMIZU^{2,4}, YAHIRO NETSU⁵

¹ Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, Kitasato University, Kanagawa, Japan

² Suwa Maternity Clinic, Shimosuwa-machi, Nagano, Japan

³ Fujita health University, School of Health Science Faculty of Clinical Engineering Physiology, Nagoya, Japan

⁴ Fukushima Medical University School of Medicine (emeritus professor), Fukushima, Japan

⁵ Shimizu Institute of Space Physiology, Suwa Maternity Clinic, Shimosuwa-machi, Nagano, Japan

Abstract: We have studied the effect of gravity on the intrauterine fetus posture as the first step for investigating reproduction process of the human being in the space environment. In this experiment, we developed a method for measuring quantitatively the relation of movement of the mother to the posture of her fetus to estimate the effect of gravity on the fetus on the ground. As subjects we selected healthy pregnant 7 women and their fetuses in good condition, of 12-15 weeks along in their gestation period. We used an ultrasonic with which we can observe simultaneously movements of the fetus in three dimensions and a software for computing, with which we can analyze two dimensional movements, and established a method to demonstrate quantitatively a trend graph of change in posture of the fetus against the uterine wall axis of the mother. We found that effect of gravity on the fetus posture during table tilted, even though it dose not took much amount of angle change. It's suggested that the risk of torsion of the umbilical cord and tying the cord around fetus's neck may increase under the microgravity.

Key words; fetus, gravity, space

【はじめに】我々は宇宙環境における生殖医療分野においてどのような問題が生じるかを推測するため、地上での基礎研究のひとつとして子宮内胎児への重力の影響の研究として、妊婦の協力を得て、母体の動きが胎児の姿勢にどのような影響を及ぼすかを観察し、両者の関係を数値化し胎児への重力の影響を観察してきた。母体の体位変換に伴う胎児の位置の変動について検討した結果を報告する。

【方法】

対象者：被験者として、妊娠 12 から 15 週の母子ともに健康な妊婦 7 名 (28.6 歳 ± 9.6) に、ヘルシンキ宣言に則り、医師の説明のもと合意を得た上で実験に協力して頂いた。

実験手順：被験者に fig.1 のようにレントゲン透視台に乗って頂き、下腹部に 3D 超音波走査のプロープを胎児が良く観察できる位置に当てて、観察しながら透視台を立位から臥位へと移動した。また、逆方向に臥位から立位へも同様に観察した。それぞれを 1 行程とした。

解析方法：前述動画をデジタル画像として保存し、2D 動画解析ソフトを用いて解析した。解析は胎児の 3 方向から行った。胎児の正面像と側面像からは胎児の長

軸に沿った 2 点と子宮壁の任意の 2 点をプロットし、それぞれの 2 点間を直線で結んだ。それら 2 直線のなす角度の変位 (相対角度変位 = $| a_0 - a_x |$) を時間経過とともに測定した (fig.2,3,4)。また、頭頂部からの像では、頭部の任意の 2 点 (矢状方向と想定した 2 点) と子宮壁の任意の 2 点のそれぞれのなす角度の変位を同様に時間経過とともに測定した。

測定した角変位を絶対値で示し、X 軸を時間、Y 軸を変位角度とし、立位から臥位と臥位から立位の場合のそれぞれについて「正面」、「側面」および「頭頂部」の 3 方向からの計測結果を計 6 つのグラフに示した。

さらに、立位から臥位と臥位から立位についてそれぞれ近似線を追加し検討した。

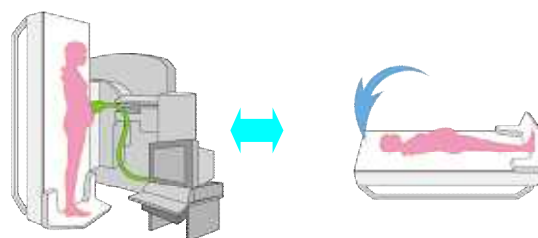


Fig.1 Changing position using a turning bed

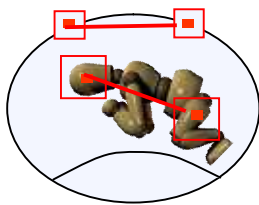


Fig.2
We let the computer recognize two points on each of both the fetus and uterine wall for 3D-images by using the pattern matching method of the 2D dynamic image analysis software

(Move-tr/2D7.0
R).

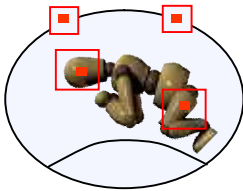


Fig.3
On the image, two points of each of the uterus side and the fetus side were connected by a line, and then the movements of the two axis are analyzed continuously at 0.5 sec /frame.

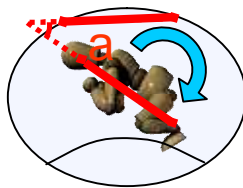


Fig.4
Relative angle of two lines and quantity of derangement were measured.

【結果】

7名の協力者で画像解析可能であった。画面上から胎児がはみ出し、消えて追跡できなかったものや撮像時間が足りなかったものなどは解析から除外した。なお、実験中に体調不良を訴えたものはいなかった。立位から臥位において正面像は 10 行程、側面像は 10 行程、頭頂部像は 7 行程。臥位から立位において正面像は 9 行程、側面像は 8 行程、頭頂部像は 6 行程が画像解析可能であった。

Fig.5.立位から臥位での 3 方向(正面・側面・頭頂部)についてそれぞれの平均値によるグラフと多項式近似によるその近似曲線 ($R^2 > 0.8$) を示した。正面像での平均値グラフの近似曲線は $y = -0.0233x^2 + 1.0106x - 0.1996$ 、側面像での平均値グラフの近似曲線は $y = 0.0012x^3 - 0.0624x^2 + 1.1519x - 0.1628$ 、頭頂部像での平均値グラフの近似曲線は $y = -0.07x^6 + 2E-05x^5 - 0.0012x^4 + 0.0359x^3 - 0.5919x^2 + 4.4537x - 4.3956$ と示された。

臥位から立位で 3 方向(正面・側面・頭頂部)についてそれぞれの平均値によるグラフとその近似曲線 ($R^2 > 80$) を **Fig.6.** に示した。正面像での平均値グラフの近似曲線は $y = -0.0005x^4 + 0.0295x^3 - 0.5406x^2 + 4.3454x - 4.9399$ 、側面像での平均値グラフの近似曲線は $y = -0.0001x^4 + 0.0119x^3 - 0.3153x^2 + 3.1022x - 2.8587$ 、頭頂部像での平均値グラフの近似曲線は $y = -0.06x^6 + 0.0001x^5 - 0.0068x^4 + 0.1584x^3 - 1.8169x^2 + 9.6551x - 8.8253$ と示された。

また、平均値グラフの線形近似では、立位から臥位での正面像で $y = 0.2655x + 3.8984$ ($R^2 = 0.5606$)、側面

像は $y = 0.2454x + 2.8628$ ($R^2 = 0.7584$)、頭頂部像は $y = 0.3101x + 2.8513$ ($R^2 = 0.619$)。臥位から立位での正面像は $y = 0.7686x + 1.8345$ ($R^2 = 0.7888$)、側面像は $y = 0.4596x + 1.3579$ ($R^2 = 0.6735$)、頭頂部像は $y = 0.0768x + 7.5629$ ($R^2 = 0.078$) であった。

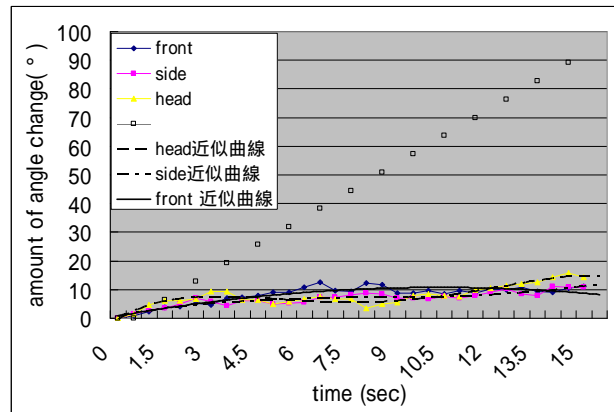


Fig.5 angle displacements (standing position to supine; averages)

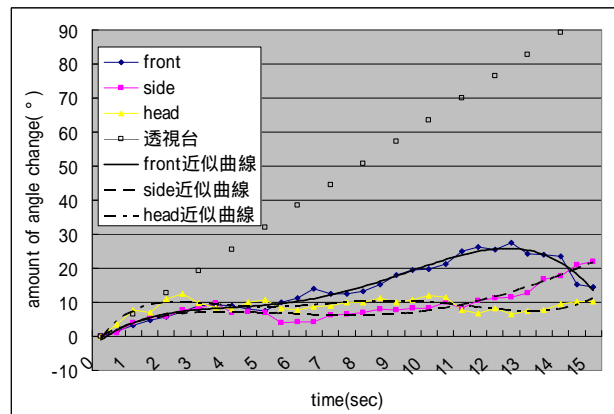


Fig.6 angle displacements (supine position to standing; averages)

【考察】

グラフが可変台の動きを示す直線に沿って時間経過と共に変化をすれば、胎児姿勢が母体の動きに追従せず一定の力(重力)に影響されている可能性が考えられた。一方傾きが0でX軸に沿うように変化すれば胎児姿勢は一定の力(重力)に影響されず母体の動きに追従していると考えられた。

fig.5と fig.6.の平均値のグラフが示すように、胎児姿勢は母体の動きにほぼ追従するが、変位量としては少ないものの軽度の傾きをもって変化量を増す線形近似線を示しており、一定の力(重力)の影響を受けていると考えられた。

ただし、頭頂部像でのグラフは個々のばらつきが多く、臥位から立位での線形近似では $R^2=0.078$ であった。これは頭部の動きが胎児の能動的動きを強く反映していることと、3D 超音波での追跡が困難であったことが影響していると考えられた。

また、Fig.6. では始まりから4秒前後までと、13秒前後において曲線像を描くのに対し、Fig.5.では比較的平坦なグラフを描いた。これは撮像する技術的な問題点や、

体位変換に伴う被験者の腹部への力の入れ方による影響が反映されたものと考えられた。

また、重力以外に胎児姿勢への影響する物理的因子として、母体(子宮)の動き、子宮内腔容積量に対する胎児容積量・羊水量、羊水粘度、子宮壁との摩擦、胎児の能動的動作などが考えられた。

微小重力下においては胎児姿勢に対して大きく影響はしないと考えられるが、地上に比べ自由度が増加し、臍帯の捻転や頸部への巻きつき、逆子率の増加などが懸念された。

【結語】

これまで我々は宇宙環境における生殖医療分野の基礎研究の第一歩として地上で子宮内胎児への重力の影響の研究を行ってきた。3D 超音波装置を用いて母体変化に伴う胎児姿勢を観察・数値化することで、胎児姿勢への重力の影響の可能性を認めた。

今後国際宇宙ステーションなどを利用して、微小重力下での生殖医療分野研究への発展に動物を用いた実験研究を期待したい。

【REFERENCE】

1. Shiori A., et al. An observation method to study the effect of gravity on the fetus Space Utiliz. Res. vol.22, 244-247, 2006.
2. Shimizu, T., Netsu, Y. et al. Prospects for reproductive medicine in space. Space Utiliz Res.20, 15-18, 2004.
3. Shimizu, T., Netsu, Y. et al. A proposal on a contribution of space biological sciences to sexual health in the human space life. Biological Science in Space 18, 169-170, 2004.
4. Shimizu, T., Netsu, Y. et al. The importance of sexuality for establishing a happy and peaceful space human society, IAC-05-A.P01, 2005, Fukuoka
5. Sekulic SR.,Lukac DD, Naumovic NM The fetus cannot exercise like on astronaut Med Hypoltheses.64(2); 221-8, 2005.
6. Miki, T., Abe, S., Netsu, Y., Yoshikawa, F., Kamijo, K., Hama, M., Yamasaki, M., Hazama., A., Shimizu, T. A trial for studying effects of gravity on the fetus. The 27th Annual Gravitational Physiology Meeting Journal of Gravitational Physiology 13(1):175-6, 2006
7. Miki, T., Abe, S., Netsu, Y., Yoshikawa, F., Kamijo, K., Hama, M., Yamasaki, M., Hazama., A., Shimizu, T. A possible participation of gravity on the fetus development. Space Utilization Research, Vol.24, 273-275, 2008