304 光弾性法による仰臥位時における枕と頸椎部の力学的影響に関する研究

Study on Mechanical Effects of the Pillow and Cervical Vertebrae on Supine Position
Using Photoelastic Method

○学 大鹿 望 (芝浦工大) 正 江角 務 (芝浦工大)

Nozomi OSHIKA, Graduate School in Shibaura Institute of Technology, Toyosu3-7-5, Koto-ku, Tokyo, Japan
Tsutomu EZUMI, Shibaura Institute of Technology

Key Words : Photoelastic method, Biomechanics, Life support, Cervical vertebrae, Pillow

1. 緒言

現在、睡眠障害が大きな社会的関心事となっている。日本人の20%が睡眠に関する悩みを抱えていることが、厚生労働省の睡眠調査報告により明らかにされている⁽¹⁾。睡眠に関する話題は、メディアに取り上げられる機会が増え、それに伴い寝具や寝室などの記事数も増加した。その中でも特に、買い替えや複数所有が容易である枕は注目度が高い。また、臨床報告より、睡眠障害を引き起こす原因の一つに枕が関係していることが明らかにされている⁽²⁾。

本研究では、睡眠時の枕と頸椎との力学的関係に着目し、仰臥位時における枕と頸椎部の力学的影響を調べることを目的とする。臨床報告を参考に仰臥位時において、枕の高さが異なる睡眠姿勢を再現し、光弾性法を用いて枕の高さが生体に与える影響を比較検討する。予備実験として簡易的な二次元モデルによる応力解析を行い、各高さの応力状態の把握を行う。その結果を踏まえ、より精度の高い三次元モデルによる再現実験を行う。研究結果より、仰臥位時の枕と頸椎部の力学的関係の解明、睡眠障害の症状緩和、枕の更なる改良・開発を考える。

2. 頸椎と枕

2・1 頸椎 頸椎(Cervical vertebrae)は7個の椎骨で構成される。図1に頸椎を示す⁽³⁾。頸椎部の椎骨にある椎体(Body)は、脊柱の中でも小さい形状だが椎弓(Lamina)は大きく、各頸椎には3個の孔がある。また、各頸椎には横突起(Transverse process)があり、ここに椎骨動脈を伴行する静脈と神経とが通る。第1、第2頸椎は他の部位の頸椎と比べて、極めて特殊化している。

2・2 枕 枕の役割は、敷き寝具と頭部にできる隙間を埋めるとともに、適切な姿勢を維持することである。山田らの臨床報告を参考にし、仰臥位時における枕の高さの違いによる頸椎部の形状、床と頸椎部の角度の変化を図2に示す⁽²⁾。適切な姿勢とは、図2(b)のように、頸椎部が一直線になる状態を指す。しかし、枕が高すぎる、低すぎる場合には、頸椎部にわん曲が見られ、神経圧迫が起き、頭痛や腰痛など症状が発生してしまう。そのため、最適な高さの枕を選ぶことは、良質な睡眠を得るためにも特に重要である。

Fig. 1 Cervical vertebrae

Fig. 2 Change on cervical vertebrae by difference of pillow

3. 試験片および実験方法

3・1 二次元光弾性法 山田らの臨床報告を参考に、仰臥位時における異なる高さの枕を使用した場合のX線写真から、頸椎の試験片を作製した⁽³⁾。枕は各試験片に任意の高さを作図より求め、試験片を作製した。供試材には、厚さ6mmのポリカーボネート(PC)を用いた。高すぎる枕を使用した場合の頸椎の形状における試験片形状を図3に示す。荷重の負荷には、てこ式荷重装置を用いた。

3・2 三次元光弾性法 実機材に医療用模型を用い、試験片材料にはエポキシ樹脂を用いた。三次元試験片モデルは、実物の形状をより忠実に再現するために鋳造法を用いて作製した。作製した試験片を図4に示す。試験片は、シリコンで作製した椎間円板を間にはさみ、シリコンシーラントを用いて接着した。また、後頭骨をエポキシ樹脂にて作製し、頸椎試験片と接着して、電気炉にて応力凍結法を用いて実験を行った。

Fig. 3 2 Dimensional specimen model

Fig. 4 3 Dimensional specimen model

4. 実験結果及び考察

4・1 二次元光弾性実験 二次元光弾性実験結果より、図5の(a)に枕が高すぎる場合、(b)に最適な場合の荷重400N時の光弾性しま写真と、引張応力における応力分布図を示す。各試験片の最大応力発生箇所は後頭骨部となった。頸椎部を見ると、全体的に応力が発生している最適な場合と比べ、高すぎる場合は頸椎部の上部と下部に応力が集中して発生していることがわかる。

さらに、試験片の頸椎部に発生した応力に着目をする。試験片頸椎部の棘突起部分を各椎骨に分け、図6に示すように、第1頸椎上部をC1_U、第1頸椎下部をC1_Bとし、解析を行った。他の椎骨においても同様に、各部に発生した応力の最大値の解析を行った。解析後、枕の高さが最適な場合において発生した応力を基準に、枕が高すぎる場合における頸椎部の各部に発生した応力を求めた。図7に、荷重400N時最適な場合の各椎骨に発生した応力を基準とした、枕が高すぎる場合の各椎骨に発生した応力を示す。図7より、最適な場合の応力を基準にすると、高すぎる場合に発生した応力の方が大きい箇所が多いことがわかる。また、頸椎上部にあたる第1頸椎、第2頸椎、頸椎下部にあたる第5頸椎、第6頸椎、第7頸椎部分の応力が大きいことがわかる。枕が高すぎる場合の頸椎部棘突起に発生する応力は引張応力であることから、頸椎部上部は頭部方向へ、下部は体方向へ大きく引っ張られていると考えられる。さらに、頭部方向へ引っ張られることにより、生体は顎を引いた状態となる。そのため、喉が圧迫され、呼吸が行いにくい体勢となり、良質な睡眠を得ることは難しいと考える。

4・2 三次元光弾性実験 枕が高すぎる場合の実験結果について検討する。実験結果より、他の椎骨と比べ、第3頸椎と第5頸椎に多くのしまが観察された。図8に第3、第5頸椎試験片の実験結果を示す。しまの発生原因としては、第3頸椎と第5頸椎において、特異点の存在が考えられる。また、本来立位の状態であれば、頭部からの荷重は椎体だけではなく、各椎骨の関節面を通り、下方へと流れるようになっている。しかし、実験結果では各椎骨の関節面には応力がみられなかった。これは、椎体側で圧縮、棘突起側で引張り応力が発生し、頸椎がわん曲したため関節面同士が接触しなかったことが影響したと考えられる。今後、さらに詳細に実験を進めたいと考える。

5. 結 言

本研究では、睡眠障害に着目し、光弾性法を用いて睡眠時に枕が頸椎部に及ぼす力学的影響を二次元モデル、三次元モデルを用い、実験的に検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 二次元モデルにおいて、枕の高さが最適な場合、頸椎部に発生した応力は全体的に応力が分布して発生する。
- (2) 二次元モデルにおいて、枕が高すぎる場合、頸椎部上部、下部に応力が集中して発生する。
- (3) 三次元モデルにおいて、枕が高すぎる場合、頭部からの荷重は椎体のみで支えている。

6. 参考文献

- (1) 本多和樹, 眠りの科学とその応用—睡眠のセンシング技術と良質な睡眠の確保に向けての研究開発—, シーエムシー出版, (2007), pp.159-166.
- (2) 山田朱織, 頭の姿勢と枕, 脊椎・脊髄ジャーナル, 21-12, (2008), pp.1233-1240.
- (3) Gerard.J.Tortora, トートラ解剖学, 丸善, (2006), pp.188-203.

Fig. 5 2 Dimensional experiment result

Fig. 6 One example where analysis of the cervical vertebrae

Fig. 7 Stress value of high pillow when based on pillow of best height

Fig. 8 3 Dimensional experiment result