

# 세포막 활동전압에서 陰陽의 상호관계

박선영 · 김호현\*

세명대학교 한의과대학 생리학교실

## Interrelation of Yin and Yang in Action Potential of Cell Membrane

Sun Young Park, Ho Hyun Kim\*

*Department of Physiology, College of Korean Medicine, Semyung University*

This study was undertaken to apply the yin-yang theory in action potential. In order to apply the yin-yang theory in action potential, nature of yin and yang, interrelation of yin and yang and action potential in cell were reviewed. According to the yin-yang theory, inner cellular space corresponds to yin, but outer cellular space corresponds to yang. If we classify ions in intracellular fluid or extracellular fluid by nature of yin and yang, potassium(K<sup>+</sup>) corresponds to yang within yin(陰中之陽), protein(Pr<sup>-</sup>) corresponds to yin within yin(陰中之陰) in intracellular fluid, and sodium(Na<sup>+</sup>) corresponds to yang within yang(陽中之陽), chloride(Cl<sup>-</sup>) corresponds to yin within yang(陽中之陰) in extracellular fluid. Double donnan equilibrium and equilibrium potential were caused by intracellular anion(Pr<sup>-</sup>) and extracellular cation(Na<sup>+</sup>) are related with mutual rooting of yin and yang(陰陽互根) and opposition of yin and yang(陰陽對立). The influx and efflux of ion through cell membrane means waxing and waning of yin and yang(陰陽消長), the change of membrane potential means yin-yang conversion(陰陽轉化) during action potential.

**Key words :** nature of yin and yang, interrelation of yin and yang, action potential, anion, cation

### 서론

초기 陰陽의 개념은 太陽의 향배에 따른 明暗의 구분에서 시작되었으나 春秋末期에 이르러 많은 諸子百家들이 陰陽을論하기 시작하면서 전국후기 漢初에 걸쳐 편찬된 『易傳』에 이르러 철학의 범주로 자리 잡게 되었다<sup>1)</sup>.

이와 같이 陰陽은 자연 현상을 의미하던 원시적 개념에서 벗어나 사물이나 현상의 서로 對立된 두 屬性 또는 勢力, 機能을 의미하는 철학적 범주로 발전하였으며, 자연계의 운동변화 뿐만 아니라 및 사회현상을 인식하고 이해하기 위한 일종의 宇宙觀으로 자리매김하여 자연계는 陰陽 二氣의 對立勢力에 의하여 부단히 운동 변화하는 것으로 인식되고 있다. 또한 의학에 흡수 융합되어진 후 陰陽은 天地萬物의 근본적인 道이며 生長과 消滅의 시작으로 인체 생리기능의 설명뿐만 아니라 질병 치료 시에는 陰陽理論을 통하여 치료의 방법을 탐구하여야 한다고 제시하고 있어<sup>2,3)</sup> 의학 고유의 독특한 사유체계와 이론으로 정립되었다. 따라서 한의학에서는 인체의 생리기능과 병리변화 및 진단과 치료에

이르기까지 陰陽의 屬性과 相互關係를 바탕으로 하여 설명하고 있다.

그러나 현대사회가 자연과학 위주의 교육과 사고가 주류를 형성함에 따라 동양의 정신, 철학, 사상이 도외시되어 많은 사람들이 '陰陽'이라는 단어를 접하면서 고대동양의 진부한 이론으로 치부하거나, 긍정적으로 생각하더라도 단지 형이상학적이거나 철학적 개념으로만 받아들이는 경향이 많다.

이에 저자는 생명체의 기본이 되는 세포가 먼 거리까지 흥분전도를 통하여 정보를 빠르게 전달하고, 효과기의 반응을 조절하는 기능<sup>4)</sup>의 바탕이 되는 세포에서의 활동전압을 중심으로 陰陽의 개념을 적용하고, 또한 陰陽의 상호관계를 바탕으로 해석함으로써 陰陽學說이 형이상학적이거나 철학적 개념만이 아니라 자연과학적 현상을 해석할 수 있는 충분한 가치가 있는 이론이라고 판단되어 본고를 발표하고자 한다.

\* 교신저자 : 김호현, 충북 제천시 세명로 117 세명대학교 한의과대학

· E-mail : binbae@semyung.ac.kr, · Tel : 043-649-1343

· 접수 : 2013/07/06 · 수정 : 2013/08/04 · 채택 : 2013/08/08

1) 원종실, 『黃帝內經』에 나타난 陰陽相互關係論 略考, 동의생리병리학회지, 19(1):1~7, 2005.  
 2) 楊維傑, 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 42, 1980. “陰陽者 天地之道也 萬物之綱紀 變化之父母 生殺之本始 神明之府也 治病必求於本”  
 3) 원종실, 금경수, 『黃帝內經』 陰陽五行論에 나타난 生命觀 初探, 동의생리병리학회지, 18(5):1270~1274, 2004.  
 4) 김기환, 임용의, 생리학, 의학문화사, 서울, p. 41, 2004.

## 본 론

### 1. 陰陽의 개념

#### 1) 陰陽의 유래

초기의 陰과 陽에 대한 개념은 太陽의 向背를 말한 것<sup>5)</sup>으로, 太陽을 향하는 면이나 지대가 높아 태양광선이 쉽게 비치는 곳을 陽이라 하였고, 태양을 등지거나 태양광선이 도달하지 않는 움푹 팬 곳을 陰이라 하였다. 즉 태양이 비치는 면의 산비탈은 밝고 溫暖하여 山之陽 혹은 陽坡라 불렀고, 태양을 등지는 면은 어둡고 寒冷하여 山之陰 혹은 陰坡라 하였다. 태양이 비치는 山之陽은 밝은 빛과 따스함을 공급하고 動的이며 太陽이 도달하지 않는 山之陰은 어두움과 寒冷感을 주며 靜的이니, 陰陽은 구체적이고 명확한 상반된 개념으로 이해되었다.

#### 2) 陰陽의 개념

陰陽의 기본개념은 사물이나 현상의 서로 對立된 두 속성 또는 勢力을 대표하거나, 同一한 사물이나 현상의 내부에 존재하는 상반된 두 방면<sup>6)7)8)</sup>을 말하는 것으로, 陰陽은 자연계의 普遍的 규율이며, 萬物이 生成·發展·變化하는 주체<sup>9)</sup>이고, 陰陽平衡·失調의 개념을 이용하여 자연과 인체의 기능과 이상 현상의 발생을 해석하는데 활용<sup>10)11)12)</sup>하고 있다.

### 2. 陰陽의 屬性

모든 사물이나 현상에서 관찰되는 陰陽의 상대적 개념은 일반적으로 크게 普遍性和 相對性이라는 두 가지 속성을 가지고 있다.

普遍性是 陰陽의 개념이 특정한 사물에 국한되어 관찰되는 것이 아니라 자연계의 모든 사물 및 현상 중에 항상 존재하므로 우리가 접하는 森羅萬象의 사물과 현상은 모두 陰과 陽이라는 두 속성으로 구분할 수 있기에 陰陽의 성질은 普遍的으로 존재한다는 것이다<sup>13)14)15)</sup>.

相對性是 陰陽의 속성이 絕對的이고 不可變的인 것이 아니라 비교 중에 존재하는 相對的 개념으로 일정한 조건과 기준에 따라 陰의 성질이 陽으로 陽의 성질이 陰으로 바뀌어 질 수 있

고, 陰陽을 구분하는 기준에 따라 무한히 세분화 될 수 있다는 것이다<sup>16)17)</sup>.

### 3. 陰陽의 相互關係

陰과 陽은 相對的 개념이면서 相互作用을 통하여 모든 발전과 변화의 原動力으로 작용하는데, 陰과 陽의 상호작용에 따른 관계를 구분하면 크게 相互依存, 相互制約, 消長平衡, 相互轉化의 네 가지로 구분하여 설명할 수 있다.

相互依存的 관계는 陰은 陽을 기반으로 하고 陽은 陰을 기반으로 하여 성장·발전하게 되므로 陰과 陽은 단독으로 존재할 수 없으며 相對的 존재가 自身이 존재할 수 있는 전제조건이 되는 바 陰陽은 相互依存 또는 互根互用的 관계에 있다는 것이다<sup>18)19)20)21)</sup>.

對立制約의 관계는 陰과 陽이 어느 한 방향이나 세력으로 편중되어 발전하거나 쇠퇴하지 않도록 陰陽의 相反된 두 속성이 서로 對立하고 制約함으로써 일정한 발전변화와 動態平衡을 유지하게 하는 관계이니, 陰은 陽이 과도하게 亢盛되는 것을 제약하고 陽은 陰이 과도하게 亢盛되는 것을 제약함으로써 일정한 陰陽의 균형과 운동변화를 유지할 수 있는 관계이다<sup>22)23)24)</sup>.

消長平衡의 관계는 陰陽의 운동 중에 일정한 범위 내에서 陽이 盛하면 陰이 衰하고, 陰이 盛하면 陽이 衰하는 一起一伏의 상반된 방향으로의 量的인 변화 즉 陰陽의 盛衰交替가 이루어지는 관계이다<sup>25)26)27)28)</sup>.

- 16) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 62, 1980.  
“陰陽者 數之可十 推之可百 數之可千 推之可萬 萬之大 不可勝數 然其要一也”
- 17) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 37, 1980.  
“陰中有陰 陽中有陽. 平旦至日中 天之陽 陽中之陽也. 日中至黃昏 天之陽 陽中之陰也. 合夜至雞鳴 天之陰 陰中之陰也. 雞鳴至平旦 天之陰 陰中之陽也”
- 18) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 5, 2006.  
“道產陰陽 原同一氣, 火爲水之主 水即火之源 水火原不相離也”
- 19) 黃元御. 黃元御醫書十一種(上), 人民衛生出版社, 北京, p. 34, 1990.  
“陰根在上 陽根在下 陰氣封藏 陽根下秘 則精神氣血 保固不失 此乃陰陽之要也. 陽強不秘 相火炎升 精血消亡 陰氣乃絕. 故曰 陰在內 陽之守也 陽在外 陰之使也. 衛護. 陽以護陰 陰以抱陽 兩者互根 宜相和也”
- 20) 黃元御. 黃元御醫書十一種(下), 人民衛生出版社, 北京, p. 264, 1990.  
“陽根於陰 故生於內而盛於外. 陰根於陽 故生於外而盛於內”
- 21) 黃元御. 黃元御醫書十一種(下), 人民衛生出版社, 北京, pp. 63~64, 1990.  
“陰盛於下而生於上 火中之液 是曰陰根. 陰液滋息 爰生金水. 陰性沈靜 其根一生 則沈靜而親下者 性也. 是以金收而水藏 而金水之收藏 全賴胃土之降 胃土右降. 金收於西而水藏於北 陽氣蟄封 此木火生長之根本也……陽盛於上而生於下 水中之氣 是曰陽根. 陽氣長養 爰生木火. 陽性浮動 其根一生 則浮動而親上者 性也. 是以木生而火長 而木火之生長 全賴脾土之升 脾土左升. 木生於東而火長於南 純陽之位 陰氣萌滋 此金水收藏之根本也”
- 22) 楊上善. 黃帝內經太素, 대성문화사, 서울, p. 39, 1991.  
“五臟藏精 陰極而陽起也. 六腑衛外 陽極而陰固也. 故陰陽相得 不可偏勝也”
- 23) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, pp. 5~6, 2006.  
“火性本熱 使火中無水 其熱必極 熱極則亡陰 而萬物焦枯矣. 水性本寒 使水中無火 其寒必極 寒極則亡陽 而萬物寂滅矣”
- 24) 張介賓. 類經圖翼, 성보출판사, 서울, p. 395, 1982.  
“動極者 鎮之以靜. 陰亢者 勝之以陽”
- 25) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 124, 2006.  
“水火陰陽寒熱者 猶權衡也. 一高必下一 一盛必一衰”
- 26) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 135, 1980.  
“冬至四十五日 陽氣微上 陰氣微下. 夏至四十五日 陰氣微上 陽氣微下”
- 27) 陳夢雷. 醫部全錄 第一冊, 人民衛生出版社, 北京, p. 166, 1982.

- 5) 虛慎. 說文解字注, 대성문화사, 서울, p. 731, 1992.  
“陰 闇也. 水之南 山之北也. 陽 高明也”
- 6) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 52, 1980.  
“水火者 陰陽之徵兆也”
- 7) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 5, 2006.  
“證有陰陽 脈有陰陽 藥有陰陽”
- 8) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 57, 2006.  
“氣味之辨 則諸氣屬陽 諸味屬陰”
- 9) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 42, 1980.
- 10) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 6, 2006.  
“人之陰陽 但知以氣血臟腑寒熱爲言 此特後天有形之陰陽耳. 至若先天無形之陰陽 則陽曰元陽 陰曰元陰”
- 11) 樓英. 醫學綱目, 법인문화사, 서울, p. 12, 2010.  
“陽多者 火多 性急而形瘦. 陰多者 濕多 性緩而形肥. 陽少者 氣虛 表虛 上虛而易於外感. 陰少者 血虛 裏虛 下虛而易於內傷”
- 12) 黃元御. 黃元御醫書十一種(上), 人民衛生出版社, 北京, p. 24, 1990.  
“從陰陽之理則生 逆陰陽之性則死”
- 13) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 218, 1980.  
“人生有形 不離陰陽”
- 14) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 5, 2006.
- 15) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 57, 2006.

相互轉化의 관계는 陰陽의 운동 중에 일정한 조건하에서 陰은 陽으로 陽은 陰으로 轉化되는 즉 상반된 방향으로의 質의인 변화를 일컬 수 있다는 것이다<sup>29)30)31)</sup>.

4. 세포와 활동전압

1) 세포막의 구조

세포막은 지방과 단백질로 구성된 얇은 막으로 지방층은 두 층으로 구성되어 있으며 대부분 인지질로 이루어져 있고, 콜레스테롤과 단백질은 인지질 사이에 끼여 있다(Fig. 1)<sup>32)33)34)</sup>.

세포막의 지질층은 수용성 물질이나 이온들은 통과시키지 않음으로써 세포 안과 세포 밖에서 서로 다른 물질의 농도를 유지할 수 있으며, 세포막에서의 물질이동은 단백질 통로를 통하여 이루어진다.

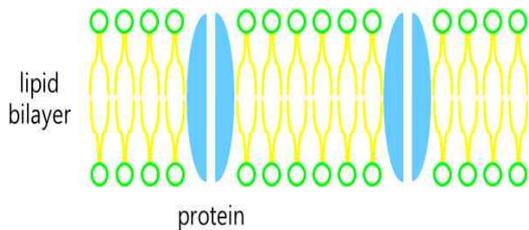


Fig. 1. Structure of the cell membrane. Cell membrane is mainly consisted of a lipid bilayer which have a number of protein molecules that protrude through the layer.

2) 세포막전압(membrane potential)

세포막은 전하를 축적할 수 있는 축전기의 역할을 하고 있어 세포막의 외부는 양전하로 세포막 내부는 음전하로 하전이

“四十五日者 從冬至而至立春 從夏至而至立秋。冬至一陽初生 陽氣微上 陰氣微下 至春而陽氣始方 夏至盛長而陰氣下藏矣。夏至一陰初生 陰氣微上 陽氣微下 至秋而陰氣清涼 至冬凜冽而陽氣伏藏矣”

28) 許浚, 東醫寶鑑, 법인문화사, 서울, p. 926, 2007.  
“天地盈虛自有時 審能消息始知機。註曰 天地相去 八萬四千里。冬至之日 地中有一陽氣上升 一日升 四百六十里二百四十步。至後五日爲一候 三候爲一氣 三氣爲一節 二節爲一時 即春分也 計九十日。陽氣共升至天四萬二千里 正到天地之中。此時 陰中陽半 爲泰卦 其氣變寒爲溫 萬物發生之時 故爲春也。自此以後 陽氣升入陽位 亦如前漸漸升至夏至之日。并前計一百八十日 共升八萬四千里 乃到天也。此時 陽中又有陽 爲純陽乾卦 其氣變溫爲熱 曰夏 萬物茂盛之時 故曰盈也。夫熱極則陰生 故夏至之日 一陰自天而降 亦一日降 四百六十里二百四十步。亦五日爲一候 三候爲一氣 三氣爲一節 二節爲一時 即秋分日也 計九十日。陰氣共降 四萬二千里 正到天地之中。此時 陽中陰半 爲否卦 其氣變熱爲涼 萬物結實之時 故爲秋也。自此以後 陰氣降入陰位 亦如時漸漸降至冬至之日。共前計一百八十日 共降八萬四千里 乃到地也。此時 陰中又有陰 爲純陰坤卦 其氣變涼爲寒 曰冬 萬物收藏之時 故曰虛也”

29) 楊維傑, 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 46, 1980.  
“重寒則熱 重熱則寒”

30) 黃元御, 黃元御醫書十一種(上), 人民衛生出版社, 北京, p. 36, 1990.  
“重陽之下 化而爲陰 陽極生陰也。重陰之下 化而爲陽 陰極陽生也”

31) 黃元御, 黃元御醫書十一種(下), 人民衛生出版社, 北京, p. 264, 1990.  
“六腑者 所以受水穀而行化物者也。水穀入胃 脾氣消磨 渣滓下傳 精微上奉 化爲霧氣 歸之於肺 肺司氣而主皮毛 將此霧氣 由臟而經 由經而絡 由絡而播宣皮膚 熏膚充身澤毛 是謂六經之氣。霧氣降灑 化而爲水 津液精血 於是生焉。陰性親內 自皮而絡 自絡而經 自經而歸趨臟腑 津入於肺 液入於心 血入於肝 精入於腎 是謂五臟之精”

32) 강영숙 외. 인체생리학, 라이프사이언스, 서울, pp. 57~59, 2011.

33) 김기환, 엄응의. 생리학, 의학문화사, 서울, p. 3, 2004.

34) Guyton A. C. Text book of medical physiology, W.B. Sanders Company, Philadelphia, p. 11, 1991.

분리되어 있는데, 일반적으로 세포막 안쪽이 세포막 바깥쪽에 비하여 -70~-90 mV의 전압차이를 나타내고 있으며 이를 안정막전압(resting membrane potential)이라 한다(Fig. 2)<sup>35)36)</sup>.

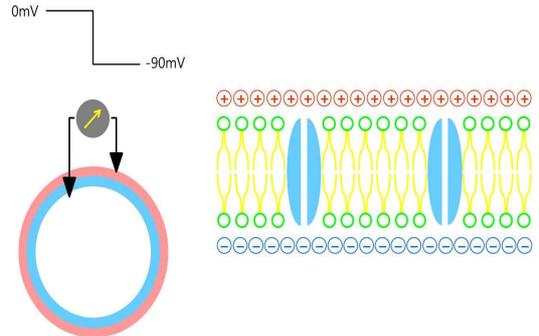


Fig. 2. Resting membrane potential. As the recording electrode passes through the electrical dipole layer at the cell membrane, the potential decreases immediately to -90 millivolts.

3) 평형전압(equilibrium potential)

평형전압은 세포막을 경계로 하여 세포내외에 이온들의 농도경사가 존재하고, 이 농도경사를 이온들의 총 이동량이 없는 상태로 유지하는 막전압을 말한다.

아래 (A)에서와 같이 양이온과 음이온이 모두 막에 대한 투과성이 있다면 농도경사에 따라 왼쪽 구역의 음이온과 양이온은 오른쪽 구역으로 확산이 일어나 일정 시간이 경과한 후에 두 구역의 농도가 같아지게 된다. 이때에 두 구역 사이에 전압차는 존재하지 않는다.

그러나 (B)에서와 같이 양이온은 막에 대한 투과성이 있으나 음이온은 막에 대한 투과성이 없다면 양이온은 농도경사에 의해 왼쪽 구역에서 오른쪽 구역으로 확산이 일어나 이동하게 되지만 음이온은 이동하지 못하게 된다. 이 때 양이온이 이동하는 만큼 막을 통과하지 못하는 음이온은 왼쪽구역에서 농도가 상대적으로 증가하여 양이온을 끌어당기는 전기적 경사가 발생한다. 결국 일정 시간이 경과하더라도 농도경사에 의해 양이온이 이동 하려는 힘과 전기적 경사에 의해 음이온이 끌어당기는 힘이 같아지면 더 이상 양이온은 확산이 일어나지 못하고 두 구역의 이온은 농도차가 존재하면서 이동이 없는 상태에 도달하게 된다. 이와 같은 상태에서 두 구역의 전압차를 평형전압이라고 한다<sup>37)38)</sup>.

4) Donnan equilibrium

부피가 고정된 공간에서 한쪽에 막을 통과할 수 없는 단백질이나 음이온 등 전하를 띤 물질이 존재하면 전기적 중성을 이루기 위한 방향으로 투과성 이온들의 재배치(이동)가 일어난다. 따라서 세포막을 통과할 수 있는 투과성 이온이 막의 양쪽에 다른 농도로 분포하게 되는 상태에서 이온의 이동이 없는 것을 donnan equilibrium이라 한다<sup>39)</sup>.

35) 김기환, 엄응의. 생리학, 의학문화사, 서울, p. 5, 34, 2004.

36) Guyton A. C. Text book of medical physiology, W.B. Sanders Company, Philadelphia, p. 53, 1991.

37) 김기환. 엄응의, 생리학, 의학문화사, 서울, pp. 37~39, 2004.

38) Guyton A. C. Text book of medical physiology, W.B. Sanders Company, Philadelphia, p. 52, 1991.

Fig. 4에서와 같이 A 구역에 막을 통과할 수 없는 음이온 (X-)이 존재함으로써 양이온을 끌어당겨 B 구역보다 용질농도가 높은 상태를 유지하게 된다. 즉, 막을 통과할 수 있는 양이온 (Na+)과 음이온(Cl-)의 합은 A 구역이 B 구역보다 큰 상태에서 이온의 이동이 없는 donnan equilibrium을 이루게 된다.

세포는 부피가 고정되어 있지 않으므로 세포내의 막을 통과하지 못하는 음하전을 띠는 물질(Pr-)이 양이온을 끌어당겨 세포내 용질의 농도가 높은 상태에서 donnan equilibrium을 이루게 되면 삼투에 의해 물이 세포내로 이동하고, 물이 이동하여 donnan equilibrium이 무너지면 protein(Pr-)이 다시 양이온을 끌어당겨 donnan equilibrium을 이루게 되고, donnan equilibrium을 이루게 되면 다시 삼투에 의해 물이 세포내로 이동하는 악순환이 반복되어 세포는 터져버리게 된다. 그러나 세포는 세포외에 막을 쉽게 통과하지 못하는 양이온(Na+)을 배치하여 double donnan equilibrium을 이루어 정상적인 형태를 유지할 수 있다.

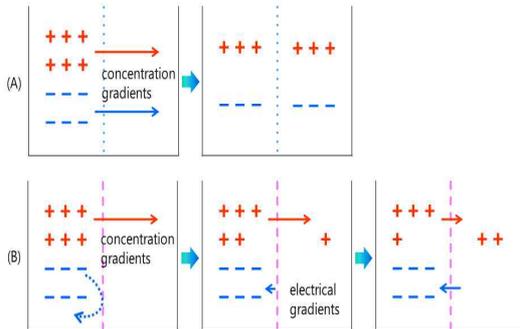


Fig. 3. Equilibrium potential. Cation will continue to diffuse right side until the electrical potential is equal but opposite to the force from the concentration gradient

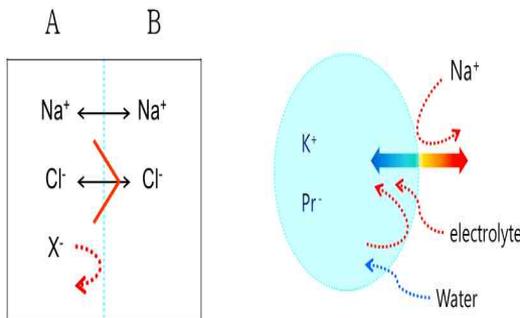


Fig. 4. Donnan equilibrium. Because impermeable X- in unchanged space A attract cations in unchanged space B, the number of electrolyte in space A increases.

5) 활동전압(action potential)

활동전압은 흥분된 세포막의 전압차가 짧고, 빠르고, 급격하게 역전되는 현상으로 세포막 내부가 외부보다 더 양성을 띄게 되는데, 활동전압의 기간 중 세포막전압은 세포외의 Na<sup>+</sup> 이온의 급속한 유입에 의하여 안정막 전압에서 탈분극(depolarization,

저분극)이 일어나고, 세포내 K<sup>+</sup> 이온의 유출에 의해 재분극(repolarization)이 일어나 다시 안정막 전압으로 회복된다(Fig. 5)40)41)42).

즉 활동전압의 곡선은 세포막의 흥분할 때 시간이 경과하는데 따라서 변화되는 막전압의 값을 연결한 그래프를 의미한다(Fig. 6).

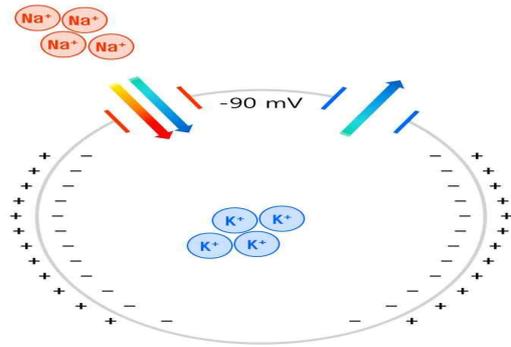


Fig. 5. Movement of ion during action potential. The membrane suddenly becomes very permeable to sodium ions, allowing tremendous numbers of sodium ions to flow to the interior of the cell. Within a few 10,000ths of a second after the membrane becomes highly permeable to sodium ions, the sodium channels begin to close, and the potassium channels open more than normally. Then, rapid diffusion of potassium ions to the exterior of the cell.

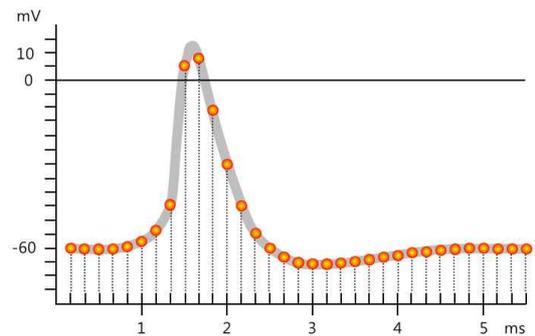


Fig. 6. Action potential. The normal "polarized" state of -90mV is lost, with the potential rising rapidly in the positive direction. This is called depolarization. With less sodium ions moving into the cell and more potassium ions moving out, the membrane potential becomes more negative, more toward its resting membrane potential. This process is called repolarization.

6) Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump

활동전압이 종료되어 안정막 전압으로 회복되었을 때 세포내에는 Na<sup>+</sup> 이온이 증가되어 있고, 세포외에는 K<sup>+</sup> 이온이 증가된 상태를 나타낸다. 이와 같이 세포내외의 이온 분포가 바뀌어진 상태는 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump가 Na<sup>+</sup> 이온은 세포외로 이동시키고 K<sup>+</sup> 이온은 세포내로 이동시킴으로써 원래의 이온분포 상태로 되돌려 놓게 된다(Fig. 7)43).

7) 활동전압의 기능

활동전압은 신경세포, 근육세포, 감각세포, 분비세포 등의 세포막에서 발생하여 신경, 근육세포에서 먼 거리까지 흥분전도

40) 강영숙 외. 인체생리학, 라이프사이언스, 서울, pp. 93~95, 2011.  
 41) 김기환, 엄용의. 생리학, 의학문화사, 서울, pp. 50~51, 2004.  
 42) Guyton A. C. Text book of medical physiology, W.B. Sanders Company, Philadelphia, p. 55, 1991.  
 43) 강영숙 외. 인체생리학, 라이프사이언스, 서울, pp. 95~96, 2011.

39) 김기환, 엄용의. 생리학, 의학문화사, 서울, pp. 21~22, 2004.

를 통하여 정보를 빠르게 전달하고, 근육의 수축이나 신경전달물질과 호르몬의 분비 등 효과기의 반응을 조절하는 기능을 담당한다(44).

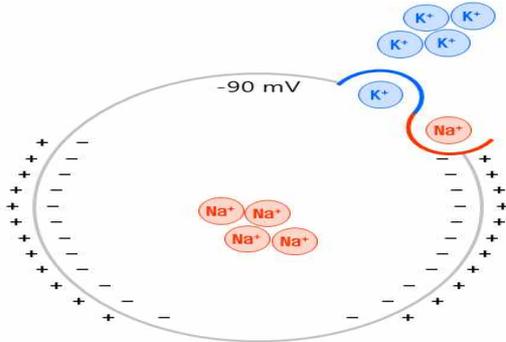


Fig. 7. Function of Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump. Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump maintains the potassium ions and sodium ions gradients from running down by transporting potassium ions back into the cell and sodium ions back out of the cell.

### 고찰

陰陽의 개념은 모든 사물과 현상에 보편적으로 적용할 수 있는 개념으로, 사물의 内外를 陰陽의 특성에 따라 구분하면 내부는 陰에 외부는 陽에 해당하는 부위로 구분할 수 있다(45). 따라서 인체의 세포에 동일한 방식으로 陰陽의 특성을 적용한다면 세포내(세포내액)는 陰에 해당하는 부위로, 세포외(세포외액)는 陽에 해당하는 부위로 구분할 수 있다. 특히 세포막의 내부와 외부는 하전이 분리되어 있어 막전압차를 나타내는데 세포막의 내부는 음이온(-)으로 세포막의 외부는 양이온(+)으로 하전이 분리되어 있는 상태 역시 陰陽의 속성에 부합된다고 할 수 있다(Fig. 8).

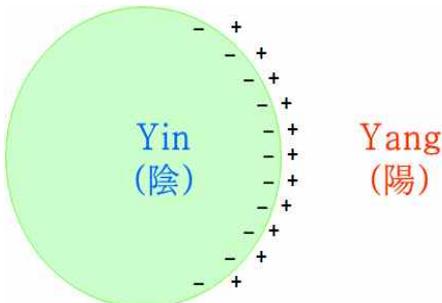


Fig. 8. Yin and yang in cell. Inner cellular space corresponds to yin, but outer cellular space corresponds to yang.

陰陽의 속성은 絶對的이고 不可變的이 아니라 비교되는 대상이나 기준에 따라 陰陽의 개념은 변할 수 있으며, 동일한 사물이나 현상의 陰陽 특성 중에서도 또 陰陽의 특성을 세분화할 수 있는 相對的 개념(46)47)이다. 따라서 이러한 속성을 세포내액과 세포외액에 존재하는 이온들을 기준으로 陰陽을 속성을 세분화시

키면 음부위에 해당하는 세포내액에서 양전하(+)를 띠는 K<sup>+</sup> 이온은 陰中之 陽으로 음전하(-)를 띠는 protein(Pr-)은 陰中之 陰으로 구분할 수 있으며, 양부위에 해당하는 세포외액에서 양전하를 띠는 Na<sup>+</sup> 이온은 陽中之 陽으로 음전하를 띠는 Cl<sup>-</sup> 이온은 陽中之 陰으로 구분할 수 있다(Fig. 9).

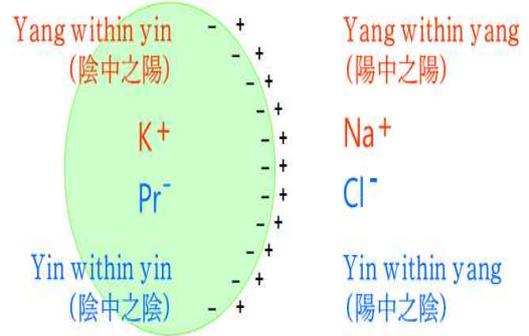


Fig. 9. Relativity of yin and yang in cell. Potassium(K<sup>+</sup>) corresponds to yang within yin, protein(Pr<sup>-</sup>) corresponds to yin within yin in intracellular fluid, and sodium(Na<sup>+</sup>) corresponds to yang within yang, chloride(Cl<sup>-</sup>) corresponds to yin within yang in extracellular fluid.

陰陽의 상호관계를 세포에 적용시켜 보았을 때, 陰은 陽에 의지하고 陽은 陰에 의지하여 고유한 성질과 작용을 하는 相互依存의 관계(48)49)는 세포막에서 일어나는 double donnan equilibrium에서 찾을 수 있다. 세포내에는 세포막을 통과하지 못하는 Pr-과 같은 음이온이 분포되어 있어 양이온을 끌어당김으로써 세포내 이온의 총량은 세포외보다 많아지게 된다. 이와 같이 세포내 이온의 양이 더 많이 분포하는 상태에서 이온의 이동이 일어나지 않는 것이 donnan equilibrium을 이룬 상태가 된다. 그러나 세포내 이온의 양이 많아지면 삼투에 의해 세포외의 수분이 세포내로 이동하게 되어 donnan equilibrium이 무너지고, 다시 donnan equilibrium을 이루기 위해 음이온이 양이온을 끌어당기는 현상이 반복되어 세포는 늘어나는 부피를 견디지 못하고 터져버리게 된다. 이를 방지하는 기전이 세포외액에는 세포내로 쉽게 들어가지 못하는 Na<sup>+</sup> 이온이 많이 분포하고 있어 양방향으로 donnan equilibrium이 이루어져 세포는 고유의 형태를 유지할 수 있다. 즉 세포막을 쉽게 통과하지 못하는 세포내의 음이온과 세포외의 양이온의 상호작용에 의하여 세포는 자기의 형태를 유지하고 기능을 발휘하게 되므로 이는 陰陽의 相互依存관계에 의해 유지된다고 할 수 있다(Fig. 10).

陰陽의 對立制約의 관계는 陰은 陽의 과도한 亢盛을 제약하고 陽은 陰의 과도한 亢盛을 제약하는 것으로(50)51) 세포막의 평형전압의 발생에서 관찰할 수 있다. 세포막은 세포내의 K<sup>+</sup> 이온에 대한 투과성이 크기 때문에 세포외로 K<sup>+</sup> 이온이 유출됨에 따라 세포내는 음이온이 초과되고, 초과된 음이온이 양이온을 끌어당김으로 인해서 평형전압이 발생한다. 따라서 양이온이 세포외로 유출되는 陽의 작용에 대하여 음이온이 세포내로 양이온을

44) 김기환. 임용의, 생리학, 의학문화사, 서울, p. 41, 2004.

45) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 37, 1980.

“言人之陰陽 則外爲陽 內爲陰. 言人身之陰陽 則背爲陽 腹爲陰. 言人之臟腑中陰陽 則臟者爲陰 腑者爲陽. 肝心脾肺腎五臟 皆爲陰 膽胃大腸小腸膀胱三焦六腑 皆爲陽”

46) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 62, 1980.

47) 楊維傑. 黃帝內經譯解, 성보사, 서울, p. 37, 1980.

48) 黃元御. 黃元御醫書十一種(上), 人民衛生出版社, 北京, p. 34, 1990.

49) 黃元御. 黃元御醫書十一種(下), 人民衛生出版社, 北京, p. 264, 1990.

50) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, pp. 5-6, 2006.

51) 張介賓. 類經圖翼, 성보출판사, 서울, p. 395, 1982.

끌어당기는 陰의 작용이 균형을 이루게 되고 그 결과 세포막 내는 음이온으로 세포외는 양이온으로 하전이 분리되어 안정막 전압을 발생에 기여하게 된다. 따라서 세포막의 평형전압은 양이온이 세포외로 확산되는 陽의 작용과 음이온이 양이온을 세포내로 끌어당기는 陰의 작용이 對立하여 균형을 이루기 때문에 가능한 것으로 볼 수 있다(Fig. 11).

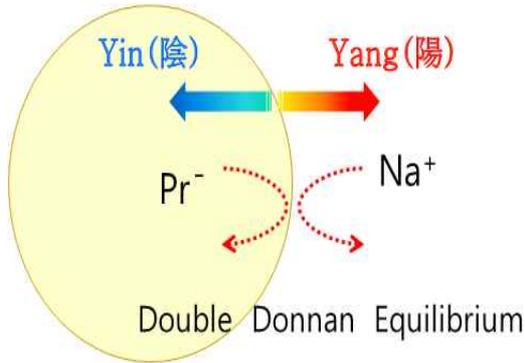


Fig. 10. Mutual rooting of yin and yang through donnan equilibrium. Double donnan equilibrium was caused by intracellular anion( $Pr^-$ ) and extracellular cation( $Na^+$ ) are related with mutual rooting of yin and yang.

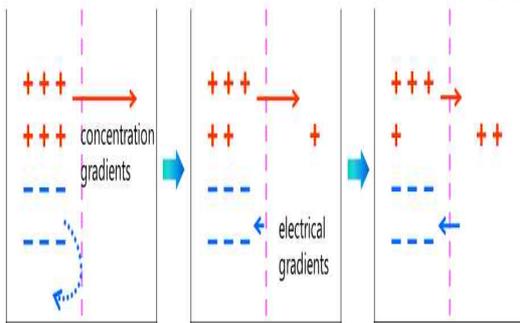


Fig. 11. Opposition of yin and yang in equilibrium potential. Equilibrium potential was caused by intracellular anion( $Pr^-$ ) and extracellular cation( $Na^+$ ) are related with opposition of yin and yang.

陰陽의 消長平衡은 陰이 늘어나면 陽이 줄어들고 陽이 늘어나면 陰이 줄어드는 量的인 변화로<sup>52)53)</sup> 활동전압 시에 일어나는 세포내외의 이온의 이동을 중심으로 설명할 수 있다. 활동전압의 저분극 과정은 세포외의  $Na^+$  이온이 일시에 급속히 유입되는 것으로 이 시기에는 음부위인 세포내의 이온분포는 증가되고 양부위인 세포외의 이온분포는 줄어들게 된다. 다시 활동전압이 안정막 전압으로 되돌아가는 재분극 과정에서는 세포내의  $K^+$  이온이 유출되어 음부위인 세포내의 이온분포는 감소되고 양부위인 세포외의 이온분포는 증가하게 된다. 이와 같이 활동전압의 저분극과 재분극의 과정 중에 세포내외의 이온분포는 세포내의 음부위에 이온의 양이 늘어나면 세포외의 양부위의 이온의 양이 줄어 들고, 세포내의 음부위에 이온의 양이 줄어들면 세포외의 양부위의 이온의 양이 늘어나는 消長平衡의 관계를 나타낸다(Fig. 12).

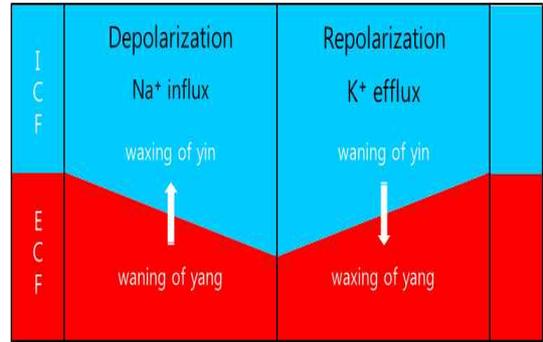


Fig. 12. Waxing and waning of yin and yang during action potential. The influx and efflux of ion through cell membrane during action potential means waxing and waning of yin and yang.

陰陽의 相互轉化는 주어지는 조건에 따라 陰은 陽으로 陽은 陰으로 質的인 변화를 일으키는 것으로<sup>54)55)</sup> 활동전압의 저분극과 재분극 과정에서 나타나는 막전압의 변동으로 설명할 수 있다. 안정막 전압 상태에서 저분극의 자극이 가해지면 막전압이 저분극으로 변하는데 이 과정에서 양이온의 유입에 따라 (-) 전압차가 줄어들어 세포막 내외의 차이가 0에 이르고, 양이온의 지속적인 유입으로 막전압은 0을 지나 오히려 세포외에 비하여 세포내가 양이온이 더 많아짐으로써 막전압은 (+)로 바뀌게 된다. 이 과정은 세포내가 세포외에 비하여 (-) 전압차를 나타내던 陰의인 상태에서 陽의인 상태로 바뀌게 된 것이고, 반면 세포외는 陽의인 상태에서 陰의인 상태로 바뀌게 되어 이온 분포에 따른 세포 내외의 陰陽 성질이 변하게 된다. 이는 저분극이라는 자극이 가해진 조건 아래에서는 陰의 성질을 나타내던 세포내는 陽이 되고, 陽의 성질을 나타내던 세포외는 陰으로 바뀌는 相互轉化의 현상을 보여준다(Fig. 13).

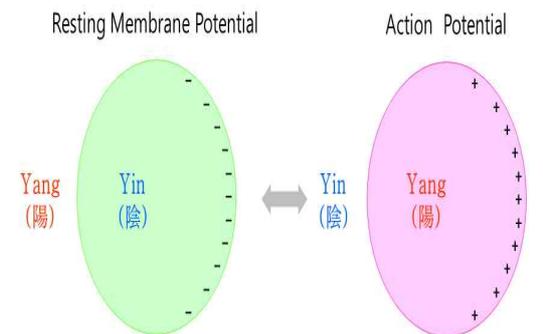


Fig. 13. Yin-yang conversion during action potential. The change of membrane potential means yin-yang conversion during action potential.

또한 위 그림(Fig. 13)에서 보듯이 활동전압이 종료된 후에는 막전압은 원래의 상태(좌측)로 회복이 되지만 이온의 분포(Fig. 7)를 보면 세포내는 양이온으로  $Na^+$  이온(陽中之陽)이 많이 분포하고 세포외는 양이온으로  $K^+$  이온(陰中之陽)이 많이 분포하는 상태가 되어 세분화된 陰陽의 성질은 다르게 분포되어 있다. 이 상태를 원래 陰陽의 속성을 나타내는 상태(Fig. 9)로 회복시키

52) 張介賓. 景岳全書, 도서출판 한미의학, 서울, p. 124, 2006.  
“水火陰陽寒熱者 猶權衡也。一高必一下 一盛必一衰”  
53) 許浚. 東醫寶鑑, 법인문화사, 서울, p. 926, 2007.

54) 黃元御. 黃元御醫書十一種(上), 人民衛生出版社, 北京, p. 36, 1990.  
55) 黃元御. 黃元御醫書十一種(下), 人民衛生出版社, 北京, p. 264, 1990.

는 것이  $\text{Na}^+\text{K}^+$  pump의 작용이라고 할 수 있다.

이상의 내용을 종합해 보면 세포내외의 구분과 세포막을 기준으로 한 이온의 분포를 기준으로 세포의 陰陽 부위를 설정할 수 있으며, donnan equilibrium과 안정막 전압 및 활동전압의 과정을 통하여 陰陽의 네 가지 상호관계를 도출할 수 있다.

따라서 陰陽學說은 단지 동양의 철학적 개념이나 형이상학적 개념에만 머무르고 있는 게 아니라 세포에서 일어나는 기능 변화를 설명하는 도구로 충분히 활용할 가치가 있다고 사료된다.

## 결 론

陰陽의 개념과 陰陽의 상호관계를 자연과학적 현상을 해석하는데 활용하고자 생명체의 기본이 되는 세포의 구조와 기능적인 면에 적용시켰을 때 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

內外를 기준으로 보면 세포내(세포내액)는 陰에 세포외(세포외액)는 陽에 해당하는 부위로 구분할 수 있다.

세포내액과 세포외액에 존재하는 양이온과 음이온을 기준으로 보면 세포내의  $\text{K}^+$  이온은 陰中の 陽으로 protein(Pr-)은 陰中の 陰으로 분류할 수 있고, 세포외의  $\text{Na}^+$  이온은 陽中の 陽으로  $\text{Cl}^-$  이온은 陽中の 陰으로 분류할 수 있다.

세포의 부피를 유지하게 하는 double donnan equilibrium과 세포막의 평형전압은 세포내의 음이온(陰運動)과 세포외의 양이온(陽運動)의 相互依存과 對立制約에 의해 이루어진다.

활동전압 시에 일어나는 세포내외의 이온의 이동은 陰陽의 消長平衡의 관계를 나타내고, 막전압의 저분극과 재분극은 陰陽의 相互轉化를 보여준다.

## 참고문헌

1. 원종실. 『黃帝內經』에 나타난 陰陽相互關係論 略考. 동의생리병리학회지 19(1):1-7, 2005.
2. 楊維傑. 黃帝內經譯解. 서울, 성보사, p 37, 42, 46, 52, 62, 135, 218, 1980.
3. 원종실, 금경수. 『黃帝內經』 陰陽五行論에 나타난 生命觀 初探. 동의생리병리학회지 18(5):1270-1274, 2004.
4. 虛愼. 說文解字注. 서울, 대성문화사, p 731, 1992.
5. 張介賓. 景岳全書. 서울, 도서출판 한미의학, pp 5-6, 57, 124, 2006.
6. 樓英. 醫學綱目. 서울, 법인문화사, p 12, 2010.
7. 黃元御. 黃元御醫書十一種(上). 北京, 人民衛生出版社, p 24, 34, 36, 1990.
8. 黃元御. 黃元御醫書十一種(下). 北京, 人民衛生出版社, pp 63-64, 264, 1990.
9. 楊上善. 黃帝內經太素. 서울, 대성문화사, p 39, 1991.
10. 張介賓. 類經圖翼. 서울, 성보출판사, p 395, 1982.
11. 陳夢雷. 醫部全錄 第一冊. 北京, 人民衛生出版社, p 166, 1982.
12. 許浚. 東醫寶鑑. 서울, 법인문화사, p 926, 2007.
13. Guyton A.C. Text book of medical physiology. Philadelphia, W.B. Sanders Company, p 11, 52, 53, 55, 1991.
14. 강영숙 외. 인체생리학. 서울, 라이프사이언스, pp 57-59, 93-96, 116, 2011.
15. 김기환, 엄응의. 생리학. 서울, 의학문화사, pp 3, 5, 21-22, 34, 37-39, 41, 50-51, 2004.