《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.7 No. 2, Dec. 1988

下腿部의 表面積 및 体積変化의 生理的 背景과 測定에 対한 研究

(Physiological Effect on Changes of the Surface Area and the Volume of Limb and Their Effective Measurements)

韓 相 德*

李 英 淑**

Abstract

Changes of the surface area and the volume of limb are important factors for designing clothes and shoes. The limb volume increases slightly in the afternoon in general, because of human activity, as a diurnal variation. Changes are also associated with menstrual cycle, pregnancy, physical exercise and environmental temperature. The most effective method for measuring the surface area of limb is the paper replacement method.

1. 序 論

行動器官으로써의 脚部가 生體에 차지하는 比重은 아주 크다. 脚部는 體重을 維持하고 몸의 平衡을 이루어 주는 役割을 할 뿐만 아니라 生體를 支持保護하여 주는 生體防禦機構로써 人間의 基本的 行動機能을 담당하여 주는 가장 重要한 部分이다. 特히 우리들의 日常生活에 있어서 하루종일 선 姿勢에서 일하거나 長時間에 걸친 步行을 비롯하여 長時間 의자에 앉아 있거나 높은 힐의 구두를 신었을 때 脚部에 生理的인 變化를 가져온다. 아침에 比하여 午後에는 발과 다리가 붓고 구두를 신었을 때 꼭끼는 느낌 등의 現象을 자주 經驗하게 되며 뿐만 아니라 最近 女子의 性週期나 成長中에 있어서의 浮症과 足跡의 變化로 因한 步行疲勞等이 큰 問題로 擡頭되고 있는 實情이다. 이와 같이 선 자세, 앉은 姿勢等을 取하여 長時間

* 한국신·발科學硏究所
** 全南大學校 衣類學科

持續했을 경우 에 發生하는 下腿部 浮症의 生理的 mechanism에 對하여서는 다음과 같은 要因을 生覺할 수 있다. 即 人體의 血液循環系에 있어서 脚部에 循環하는 血液이 脚部의 血管 特히 靜脈에 괴인 채 그 血漿이 血管壁을 通하여 外側의 皮下組織에 浸出하여 이것이 脚部의 容積을 擴大시키므로써 浮症을 發生시키는 要因이 되는 것으로 알려지고 있다.

下腿部의 浮症을 感覺的으로 나타날 때는 "노곤함" 重量感 혹은 신발을 着靴하였을 때 꼭끼는 느낌等으로서 表現되어지고 있으나 이와 같은 발이나 다리의 浮症에 對하여 部位的 또는 計量的으로 詳細하게 硏究報告된 被服人間工學的 側面에서의 硏究는 거의 찾아볼 수가 없으며 醫學系에서의 硏究로서는 J.J.Keates 등에 의한 「Limb volume and blood flow changes during the menstrual cycle」를 들 수 있다.

本 硏究에서는 女子의 生理的 特徵인 月經時 非月經時에 따른 性週期와의 關聯性에 對하여 重點을 두고 下腿部의 浮症에 關하여 計量的으로 파악, 그 結果를 被服人間工學的 見地에서의 基礎資料를 提供하고자 한다.

2. 浮症의 生理的 背景

1. 血液循環系의 生理

心臟을 出發한 血液은 各各 分岐해서 흐르는 動脈을 따라 最末端部分인 細動脈을 거쳐서 內皮細胞로 되어 있는 毛細血管에 이르게 된다. 여기서 循環系의 最終的 役割인 血管內外의 物質交換을 한 뒤 다시 平滑筋細胞가 存在하는 靜脈最末端部分의 細靜脈을 거쳐 心臟으로 돌아온다. 이 동안에 細動脈 細靜脈으로부터 分岐된 毛細血管은 眞皮中에서 複雜한 網目狀을 하고 있으며 動脈血의 供給을 하게 된다. 따라서 따뜻한 血液이 끊임없이 眞皮中을 흐르게 고 이것이 組織을 따뜻하게 해 줌으로써 皮膚表面도 따뜻해지게 된다.

生體內를 흐르는 血液은 血管의 彈力性의 開鎖系中에 있지만 이 血液은 毛細血管을 흐르고 있을 때에 血漿中의 物質이 組織間隔中에 擴散하기 때문에 組織中의 代謝物質은 血漿쪽으로 다시 擴散하게 된다. 이와 같은 血液循環에 의하여 體溫이나 組織細胞의 液體性 環境이나 維持하게 된다. 그리고 循環血液의 分布는 自律神經系의 調節作用에 의해 全身的 혹은 局所的 要求에 함으로써 合目的的인 變化가 이루어지게 된다.

2. 浮症의 生理的 mechanism

下腿部의 容積의 變化는 대개 1日中 午前과 午後의 變化, 性週期 姓張中에 있어서의 變化, 운동에 따른 變化, 環境溫度에 의한 變化等을 生覺할 수 있으며 이에 對한 理論的 背景을 살펴보면,

1) 日內變動

心臟의 pump 作用에 依하여 血液은 動脈內에서 强한 힘으로 흐르고 있지만 靜脈에 達하게 되면 그 힘이 점차 弱해진다.

이것을 補充하기 위하여 靜脈에는 군데군데 弁이 달려있으며 血液이 心臟으로 行할 때만 열리도록 되어 있어서 逆流하지 아니하도록 調節되어지고 있다.

그러나 心臟보다 낮은 部位에 있는 脚部 部分에서는 이와 같은 弁의 움직임을 빌린다고 해도 역시 血液은 靜脈內에 몰리기 쉽게 되며 特히 종일 立位姿勢를 持續한 境遇 毛細血管이 膨大하여 水分의 吸水現象이 發生하게 된다.

結局 浮症이 생기는 것은 血液中의 水分이 괴어 있는 狀態를 말하며 人間의 下腿部는 午前에 比하여 午後에 걸쳐서 붓기 쉽게되는 것이다.

2) 月經時 姙娠時의 變動

血液이 血管內를 흐르는 量은 自律神經系의

움직임이 관여하고 있지만 血流量이 적을 때는 血管이 收縮하여져서 抵抗을 增大시키는 것으로 알려져 있다.

先行研究에 依하면 毛細血管 抵抗은 24時間 以內의 變動으로서 immediate response이지만 이보다 더 日單位로써 追究되고 있는 prolonged response가 있는 것으로 說明하고 있다. 例를 들면 生理的인 경우로써 女子들의 排卵期 直後 및 月經開始前에 있어서의 抵抗의 減少, 또한 姙娠中 月令이 나아감에 따라 血管抵抗은 減少되어 가며 姙娠中期 以後에는 特히 毛細血管壁의 透過性이 커져 4個月 以後에는 急激히 抵抗이 減少되어진다.

이러한 生理的 要因에 따른 現象은 Hormon의 內分泌와 自律神經 緊張狀態等에 의해 關聯되어지고 있다는 事實이 實驗結果 밝혀지고 있다. 또 J.S. Keates, F.E.Hyffen等에 의해서도 「女子의 性週期 期間에 있어서의 下腿部 容積 및 血流量의 變化」, 「姙娠中에 있어서의 Limb Volume의 變化」에 對하여 詳細하게 研究가 行하여 졌다. 이들의 研究結果에 의하면 性週期의 mid cycle中 leg volume의 增加가 나타나고 있으며 이는 女子의 排卵時와 一致하고 있다고 한다. 또 pre-menstrual期에 있어서는 leg volume이 감소하는 等 性週期에 있어서의 leg volume의 變化가 明確하게 實證되고 있다. 姙娠中에는 姙娠10週～30週 사이에 oedema 姙婦의 경우 leg volume이 약 200㎖ 增加된 結果가 보여지고 있다.

以上에서 排卵時, 月經時, 姙娠時에 있어서의 生理的 特徵을 明確하게 볼 수 있다. 即 月經時에 있어서의 下腿部의 浮症은 血流量, 毛細血管의 抵抗 減少에 起因하는 것으로 生覺되어지며 그외에도 Hormon ritamin等의 영향에 對해서도 生覺할 수 있으나 아직 이에 對한 詳細한 實驗研究나 報告는 行해지지 아니하고 있다.

3) 運動에 따른 變動

動的 筋勞作業이 血管抵抗에 미치는 영향에 對하여 淺野는 건강한 男子 8名을 對象으로 踏台昇降의 筋勞作을 시킨 結果 6名의 被驗者에 血管의 抵抗 減少現象이 나타난 것으로 報告하고 있다.

Fig 1은 筋勞作負荷에 따른 抵抗을 나타내었으며 Fig 2는 筋勞作負荷後의 傾向을 나타낸 것으로 負荷前의 CR% Charge에 比하여 勞作終子 直後부터 抵抗이 下降하고 있으며, -11.7%까지 달하고 있다.

負荷前의 CR%Charge에의 回復까지는 4時間이 所要되었다. 即 運動에 依하여 血管의 抵抗이 減少되여 이는 下腿部의 容積 變化에 관여하는 因子로써 간주되어진다.

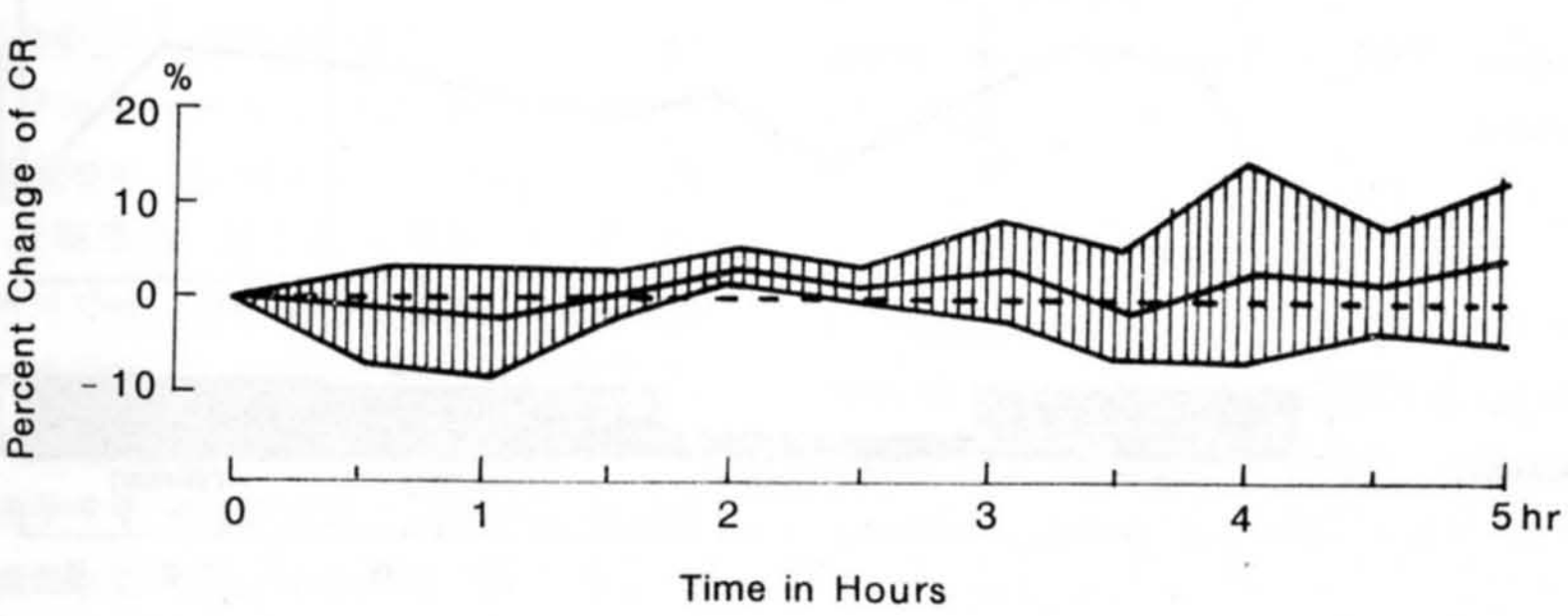

Fig. 1. Change of capillary resistance in control experiment.

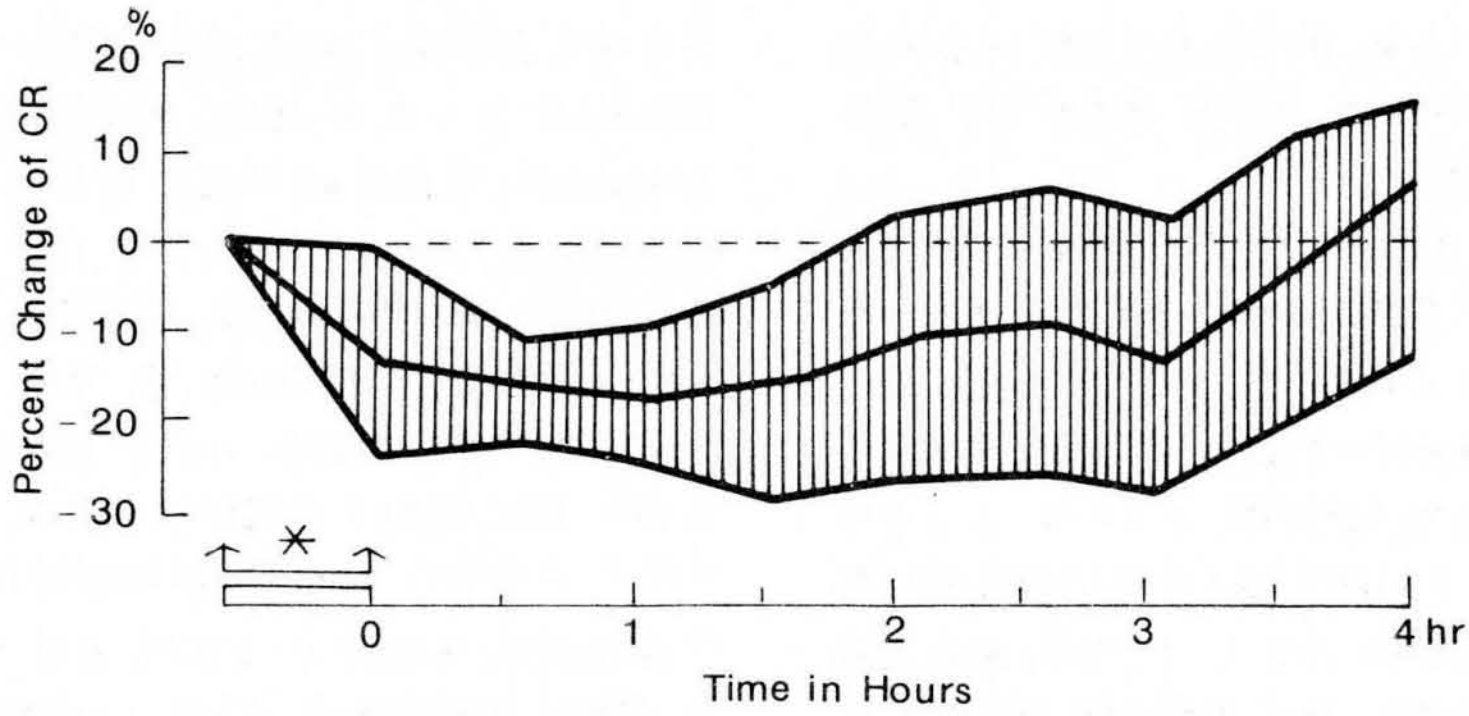

Fig. 2. The effect of fast muscular exercise on CR.

4) 環境溫度에 따른 變動

環境溫度의 變化에 따라서 體溫을 保持하기도 하고 體溫을 放散하기도 하는 피부의 能力을 決定하는 因子는 眞皮를 흐르고 있는 血流量에 依하고 있다.

外氣溫이 낮을 때는 皮膚血管은 收縮하게 되고 이에 따라 血流量은 減少하게 되며 따라서 放熱이 줄어들고 皮膚溫도 낮아지게 된다. 또 이때에 立毛筋도 收縮하게 되며 이것은 皮膚面積에 영향을 미치게 된다. 外氣溫이 높을 때는 皮膚血管은 擴張하게 되고 血流量이 增大한다. 따라서 放熱이 增大되면서 皮膚溫도 높아지게 된다. 末梢部의 血流量은 指先의 경우, 寒暑에 依해 1～90 ㎖ / min / 組織 100㎖라고 하는 큰 幅을 가지고 變化하고 있다. 冬季의 寒冷한 環境에 適應하고 있는 時期에는 足部의 末梢血流는 12℃～16℃의 幅에서 變化點을 가지는 것을 알 수 있다. 그리고 血流의 變動을 보면 約 12℃ 以下에서는 0.2～0.5 ㎖ / 組織 100 ㎖를 나타내고 있지만 12℃～16℃의 變化와 함께 血流量이 급격히 增加하기 始作하며 그 增加度는 0.05～0.2 ㎖ / 組織 / 100 ㎖ / ℃에 達하고 있는 것으로 알려지고 있다. 또 1年間의 血流量의 變動에 對하여

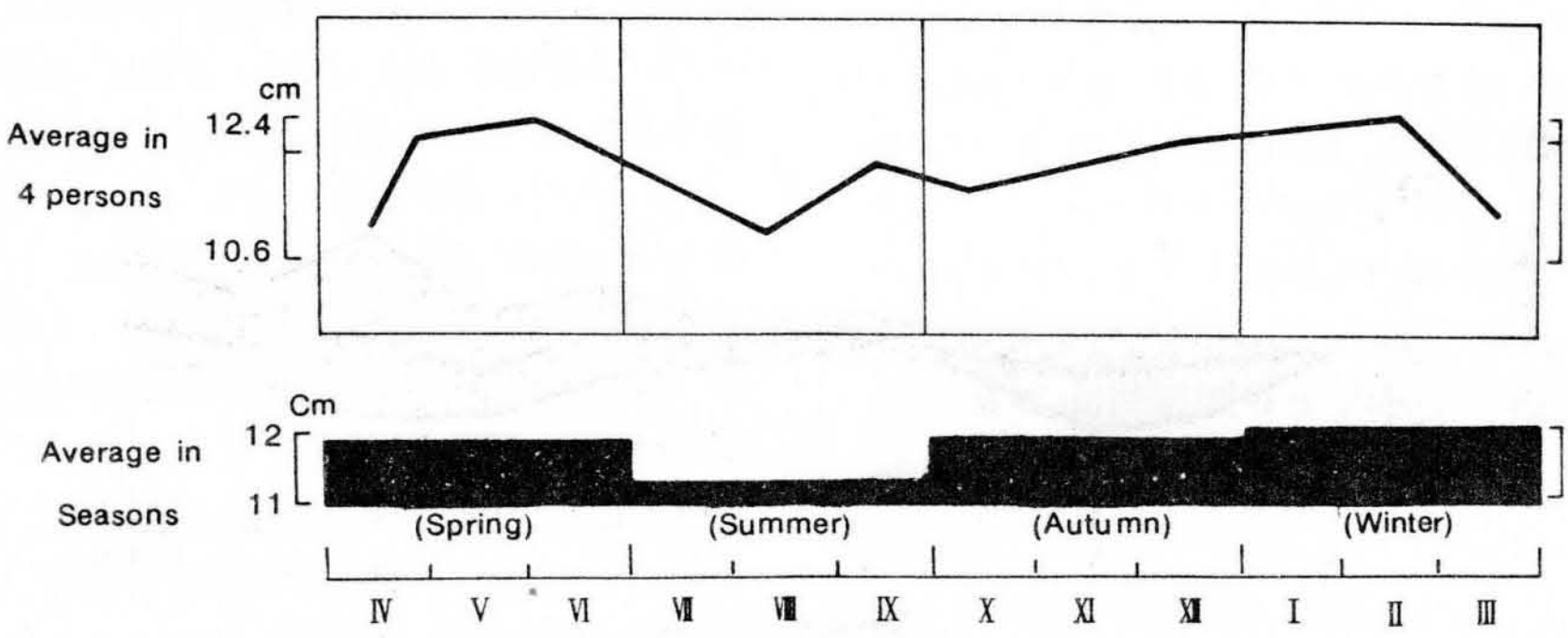

Fig.3 Monthly and seasonal variations of CR

血管 抵抗値를 測定하여 그 結果를 說明한 淺野의 興味있는 報告가 있다.

그 結果에 따르면 4～6月, 7～9月, 10～12月 및 1～3月을 各各 春·夏·秋·冬으로 간주하여 4名의 男子被驗者의 平均을 구하였으며 그 結果는 Fig 3에 나타낸 바와 같다.

血管抵抗은 夏季가 最低이며 冬季에 最高의 現狀을 나타내고 있으며 4季節의 順位는 冬>春>秋>夏이고 冬季와 夏季 및 春季間에는 有意差가 나타났다.

以上과 같이 血管抵抗의 變動은 季節이 內包하고 있는 氣象因子, 運動量, Hormon Vitamin量등의 因子, 그 外에도 紫外線量, 地理的變位, 生活樣式의 民族的 相違等 諸因子에 따른 아주 複雜한 영향을 받게 되는 것으로 생각된다. 그러나 이와 같은 諸因子中 어떠한 因子가 어떻게 作用되고 있는지에 對한 確證은 아직 얻어지지 않고 있으며 이에 對해서는 向後 研究課題로써 充分한 研究檢討가 要望된다.

아울러 女子의 性週期, 姙娠時의 諸變動에 對한 繼續的인 研究도 절실하게 要望된다.

3. 各 測定法에 對한 考察

먼저 下腿部의 容積變化, 各 部位的 面積을 計量的으로 把握하기 위해서는 表面積 測定과 體積測定을 시도해 볼 수 있으며, 또 日內變動, 性週期에 따른 變動等 아주 미묘한 容積의 差를 구하기 위하여는 높은 精度를 要하게 되리라 生覺한다. 本 研究에서는 精度를 必要로 하는 下腿部 各 部位의 容積變化等 本 實驗에 들어가기에 앞서 測定을 보다 신속하고 正確하게 遂行할 수 있는 관건이 되리라고 生覺되는 測定材料等에 對하여 檢討하여 同分野의 研究者들에게 測定示方을 마련하여 表面積이나 體積測定을 신속, 正確하게 할 수 있는 方案에 對하여 檢討하였다.

1. 表面積 測定材料의 檢討

表面積을 測定하는 方法으로는 從來부터 和紙置換法, 接着Tape法, 석고법等이 使用되고 있었다. 最近에는 Silicone 樹脂나 프로필렌, 글리콜法等도 使用되고 있다.

特히 表面積 測定法으로써 고려되어야 할 點은 測定誤差를 적게 하기 위하여 測定 對象인 被驗者가 測定中 體位의 變動이나 疲勞가 發生하지 아니하도록 可能限 限 신속하게 測定을 끝낼 수 있는 方法과 示方이 考案되어야 한다.

2. 各 測定方法에 対한 比較檢討

1) Silicone 法

皮膚面에 直接 발라서 有害하지 않는 樹脂로써 Silicone 樹脂(TOSHIBA)를 使用하였다.

우선 皮膚面에 均一한 두께를 維持할 수 있도록 시도하였으나 塗布途中 液이 흘러 내림으로써 均一한 두께가 되지 않았으며 特히 塗布에서 完全히 乾燥할 때까지 걸리는 時間이 50～60分이 所要되었으며 被驗者에 對한 疲勞感이 極에 達하였다. 뿐만 아니라 面積이 넓은 경우 材料費가 많이 所要되는 것이 短點이다.

2) 프로필렌 글리콜法

本液은 美顔用에 使用되고 있는 材料이며 파라벤 프로필렌을 쓰고 있다. Silicone法과 마찬가지로 精度높은 結果를 얻기가 힘들며 역시 塗布中 均一性을 유지하기 어려운 點과 材料費가 비싼 것이 흠이다.

3) 接着 Tape 法

伸縮性이 낮은 接着Tape를 使用하는 方法은 時間的으로 가장 짧은 시간(約 20分)에 處理될 수 있고 뿐만 아니라 費用이 적게 드는 長點이 있으나 피부면에 直接할 경우 剝離가 곤란하여서 皮毛를 損傷시킬 우려가 있다.

4) 紙置換法

表面積의 測定方法으로서 從來부터 使用되어

지고 있는 方法이며 材料구입이 容易하고 저렴한 값으로 求할 수 있는 것이 長點이다. 지금까지 使用되어지고 있는 方法은 물을 使用하였기 때문에 完全 乾燥할 때까지 90分 程度의 時間이 걸려서 被驗者에게 加重되는 疲勞感이 問題가 된다. 本 硏究에서 速乾性을 부여하기 위하여 다음과 같은 液을 調製하는 示方을 마련하였다.

液(1回分) { 壁裝用 合成米胡 30 g / 水 10 ml / alcohol 10 ml

測定方法은 종이를 임의의 크기로 3角形 모양으로 끊어서 調製한 液에 담근 후 이것을 피부면에 貼付한다. 調製液에 Alcohol이 들어있기 때문에 乾燥가 빠르며 약 30分에 測定을 끝낼 수 있다. 또 넓은 表面積을 同時에 測定할 수 있으며 두께가 均一하게 됨으로써 誤差가 적다.

3回에 걸쳐서 反復實驗한 結果 個人內 變動에는 有意差가 認定되지 아니하였다. 그리고 乾燥後 剝離된 狀態에서의 使用한 종이의 收縮率은 0.19%로써 實驗 使用結果 별 問題가 없는 것으로 判斷되었다. 以上 各 測定方法에 對하여 檢討한 結果 下腿部 表面積 測定方法으로서는 紙置換法이 가장 適當한 것으로 判斷되었다.

3. 体積 測定法

體積을 求하는 方法으로서는 水置換法이 있다. 水置換法은 被驗者가 水槽에 들어갔을 때 增加된 水量을 測定하는 方法으로서 增加된 水量은 水中에 들어간 身體部分의 體積으로서 간주하는 原理를 利用하여 人體 各 部位의 體積을 求하는 方法이다.

4. 結 論

日常生活 가운데서 우리들이 자주 느끼고 있는 下腿部의 浮症에 對하여 보다 正確하게 그 生理的 原因을 究明하고 또 實際的으로 下腿部의 浮症에 對하여 計量的인 把握을 하기 위하여 여러가지 測定方法에 對하여 測定하는데 있어서 신속 정확하고 經濟的으로 材料費가 적게 드는 方法에 對하여 調査해 본 結果 다음과 같이 要約할 수 있다.

1. 長時間 立位姿勢를 持續할 경우 毛細血管이 膨大하여 水分의 吸水現象이 發生하게 되며 따라서 下腿部는 午前에 比하여 午後에는 面積 및 體積이 增加하게 된다.

2. 月經時 姙娠中에는 血管抵抗이 減少함으로써 浮症의 原因이 되고 姙娠 5個月 後부터는 足跡에 變化를 가져와 High Arch를 形成하는 原因이 되고 있다.

3. 筋勞作負荷는 CR%Charge의 低下를 가져오며 이러한 因子는 下腿部의 容積變化에 直接 관여하게 된다.

4. 環境氣溫의 變化에 따른 血管抵抗의 減少, 血流量의 變化에 의한 因子를 들 수 있다.

5. 測定方法으로서는 面積測定으로서 紙置換法이 體積測定으로서는 水置換法이 微小한 下腿部의 變化를 測定하기 위한 方法으로서 가장 適當하다고 判斷되었다.

参 考 文 献

1. J.S.Keates, et.al, Limb volume and blood flow changes during the menstrual cycle, vol.20, *Angiology*, pp.618-627, 1969.
2. 淺野牧茂, 毛細血管抵抗とRabbit ear chamber 法で觀察した徴細循環, vol.14, 藥局, pp.47, 1963
3. F.E. Hytten, et.al, Limb volumes in prĕgnancy, vol.74, *J. Obster*, pp.663-668, 1967.
4. 淺野牧茂, 毛細血管抵抗の研究Ⅳ, vol.7, 公衆衛生院 研究報告, pp.69-74, 1958.
5. 淺野牧茂, 暖冷房と生理衛生, vol.3, 暖房, pp.3-5.
6. 三平和雄編著, 被服機構學, 被服衛生學實驗, 産業圖書, pp.25-28, 1976.