

子計畫(1) 台灣南部泥岩區礦物組成及土壤安全性分析

計畫主持人：李孫榮

摘要

在歐洲、紐西蘭與蘇聯等國家，因其得天獨厚之地理環境，泥漿 SPA 的活動非常興盛。自古以來常有因泡泥漿溫泉而使健康獲得改善之案例流傳於口耳之間，更使得有些長期受病痛困擾(尤其是慢性肌肉骨骼疼痛、關節炎或是皮膚病等)的民眾趨之若鶩。根據專家研究，泥漿礦物質比一般的溫泉擁有五倍的熱保有度，待在其中三十至四十分鐘，身體將從內部開始暖和，手腳冰冷、罹患慢性胃疾及婦女病者，最是適宜。此外，泥漿中的礦物質成分，對美容護膚也極具效果，若能搭配其他溫泉泉質療養，更能全面療養身體，重要的是，花費並不多，效果卻十分驚人。泥漿浴除了生理上實質的影響之外，心靈層面之放鬆與療養也不容忽視。台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓板塊碰撞處，島上地質與構造複雜，使得台灣全島擁有各式各樣的溫泉源頭，堪稱世界的溫泉博物館。台南縣白河鎮關仔嶺的泥漿溫泉於日據時代即已開發而聲名遠播。然而，台南縣關仔嶺、龍崎一帶之泥岩係屬同一地脈，是否具有相類似之療效與開發價值，實值得一探究竟。本研究假設泥岩素材應具備有之特性：無摻雜毒性成份、急性毒性試驗評估為無毒性、對動物皮膚及黏膜刺激性試驗為無毒性或刺激性、對人體皮膚貼布測試法之安全性評估為無傷害或刺激性反應、具有保護滋養之正益性。為能效性評估上述假設，本研究將區分成三大研究主題同時進行評估研究，一為台灣南部泥岩地區泥岩礦物組成及土壤分析，主要針對相關泥岩樣本採集與地質資料之文獻收集整理，並進行泥岩樣本礦物組成分析；其二為泥岩素材對動物發炎反應評估研究，研究內容為泥岩樣品進行處理、進行動物飼育及進行動物皮膚刺激性試驗；其三為泥岩素材對人體美容保健及有效性之評估研究，主要內容為有關泥漿之安全性評估：貼布測試法 (Patch test)，激發人體皮膚發炎反應，以評估人體皮膚塗抹的安全性。本研究為先期研發的起始腳步，此一研究成果不僅可提供學術參考，更開啟實務研究的方式，有效利用地方優勢資源，研發高經濟產品，提升地方優勢競爭力。

一、前言

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓板塊碰撞處，島上地質與構造複雜，使得台灣全島擁有各式各樣的溫泉源頭，堪稱世界的溫泉博物館。台南縣白河鎮關仔嶺的泥漿溫泉於日據時代即已開發而聲名遠播。其對於皮膚與慢性關節炎之療效，亦廣傳於市井之間。然而，台南縣關仔嶺、龍崎一帶之泥岩係屬同一地脈，是否具有相類似之療效與開發價值，實值得一探究竟。

由於泥岩地區的物理化學性質特殊，pH 值高，粉砂粒含量高，鹽分含量高。因此乾時堅硬如石，表面易因乾裂而呈魚鱗狀龜裂紋理，濕時表層軟化呈泥漿狀態。本省西南部泥岩地區泥岩的礦物組成主要是由粉砂顆粒的石英及 35~70% 黏土礦物組成，黏土粒小於 5 微米，並含有大量的可溶性鹽類。為評估本區內之泥岩作為溫泉泥漿浴之安全性與可行性，本計畫預計將進行以下研究以釐清本區泥岩作為泥漿供應來源之可行性。

二、文獻回顧

1. 泥漿溫泉對人體生理之影響

「泥漿溫泉具有療效」一值以來普遍受到一般大眾所認同與接受，其對人體生理之影響也已受到學界積極的研討，其作用機制初步認為：當一個健康的人浸泡在溫水中，其流體靜力學對人體生理上的作用主要在促進血流集中回流。體內動脈血在經微血管供給組織細胞利用之後，即成為缺養(氧)的靜脈血，其大部分會重新分配於下肢與腹部區域。流體靜力之作用可促使這些靜脈血回流至心臟和肺臟內(Anstey & Roskell, 2000; Choukroun et al., 1989)。依據心臟的史達林定律(Starling's law)，增加回心血量會因而增加心臟之收縮力，使得單次心收縮量和心輸出量隨之增加，因此伴隨反射性心搏減慢(reflex bradycardia)的現象(Brody, 1999)。所以，健康人的心跳率不管是在休息或運動時，浸在水中(35°C)時皆比在陸地上來的慢(Weston et al., 1987; Cassady & Neilsen, 1992; Hall et al., 1998)。這對

一個正常人的心臟生理活動有其正向之意義；甚且，可增進心血管疾病患者之血液動力功能，進而改善其生活品質(Michalsen et al., 2003)。

另一方面，泥漿溫泉浸泡之療養有一部分與物理治療之水療作用理論相類似。其作用有：(1)改善局部血液回流，可降低水腫及增加發炎物質之排除；(2)增加浮力與流體靜水壓也會減低水腫；(3)熱水會減低肌肉張力，而且增加痛覺閾值與對痛的耐受度；(4)熱通常也會增加體內 cortisol 以及 β -endorphin 的分泌。以上種種作用皆可增加患者活動性與關節活動度，以促進物理治療之療效(Sukenik et al., 1990; 1999)。進一步言之，密集的物理治療、運動、休息的放鬆效果與壓力的釋放，也都對於療效有很大的助益。

泥漿之熱保有度、溶液密度、熱傳遞係數、熱傳導係數皆較熱水為高，反之，冷卻速率卻較慢。因其動態黏稠度之高效率熱傳導，且不易經由熱對流而降溫，所以泥漿浴對於溫熱保留之持久性與穩定性皆較一般熱水療法理想。近年來，已有研究指出泥漿理療確實可有效增加皮膚微血管之循環與溫度。此外，在臨床實用方面，亦有文獻證實在鎮痛之療效上，泥漿浴的效果明顯較一般熱水理療為佳(Kristof et al., 2000)。

2. 泥漿浴對心理之療養效益

除此之外，泥漿溫泉區通常位於山區或地層活動較頻繁之郊區。享受天然礦物泥常需遠離工作環境，因而能暫時拋開工作壓力，沉浸在休閒度假之明媚風光當中。亦有研究報導指出，生活在休閒度假之無壓力環境下，即使未接受浴療，或僅只是遠離工作，也能使我們心靈健康獲益(Elkayam et al., 1991; Strauss-Blasche et al., 2000)。整合以上許多生理或心理方面之優點，SPA 理療中心在國外早已是推廣多年，且頗獲好評。此類 SPA 中心基於溫泉之特性，將其視為物理治療的輔助療法之一，配合其他如水中運動治療、泥漿、按摩、浴療、電療等輔助療法，合併施行。同時，更營造一個舒適無壓力之使用環境，讓使用者能兼以生理與心理之放鬆，以達最佳之效益。其所訴求之對象，不僅在一般民

眾之休閒療養，甚且可運用在慢性疾病之疼痛治療(Strauss-Blasche et al., 2002)。另外，文獻亦指出泥漿理療也可平衡壓力反應所影響之神經內分泌的恆定性，若與抗憂鬱藥物合併使用可使其效果加成(Bellometti & Galzigna, 1999)。然而，近年來 SPA 療養才在國內蓬勃發展起來，我們擁有良好之天然資源，發展卻慢了國外一大步，實有賴各界積極投入開發與研究，發展出具本土優勢之溫泉療養文化。

3. 目前泥漿理療之研究成果回顧

回顧國外之文獻，探討泥漿理療對各疾病療效的研究非常多，包括有針對治療僵直性脊椎炎、風濕性關節炎、退化性關節炎、乾癬.....等(Bellometti et al., 2002; Elkayam et al., 2000; Sukenik et al., 1992; Tishler et al., 1995; van Tubergen et al., 2001)，資料非常豐富，亦頗具實質療效。在生化方面，更發現將泥漿浴療施行在退化性關節炎患者身上可提升局部血漿之抗氧化作用(Bellometti et al., 1996)；甚至發現可降低局部血漿內自由基(free radicals)之含量(Bellometti et al., 2000)。反觀國內，目前少有文獻對泥漿浴之療效有所探討。國外之溫泉溫度、流量、成分、PH 值與國內並不相同，外國文獻所述之療效不見得便適用於國內；加上所在之地形、氣候及遊客的生活型態等因素皆不盡相同，因此本土的研究急待開發。

三、研究方法與實驗材料：

(1) 泥岩樣本採集與地質資料整理：

為分析本區之泥岩成分，本計畫預計取得區內共 7 個泥岩樣本，進行全岩之土壤物理以及化學分析。為達成有效評估之目的，7 個泥岩樣本之採取位置須能涵蓋本區範圍。除比較區內之泥岩樣本外，本計畫並預計購置之國外冰河泥、死海泥等泥漿浴產品共 2 個，進行相同之物理與化學分析比較，以提供樣本之礦物化學組成比較驗證。

(2) 泥岩樣本礦物組成分析：

本研究預計進行泥岩樣本之礦物組成分析，以偏光顯微鏡下判斷常見之沉積岩礦物之組成，並以 X 光繞射法來測定樣品中黏土礦物之組成。在偏光顯微鏡下進行岩石的礦物組成分析，而所測得的含量比率為半定量之結果。由於黏土礦物含量以及組成決定泥岩之可塑性以及物理化學性質，因此礦物之分析可提供泥岩之物理化學性質之資料。

四、結果與討論

1. 溫泉水質特性分析

a. 溫泉水溫變化

警光山莊及火王爺廟兩地溫泉泉溫結果如圖 1，警光山莊溫泉露頭之泉溫介於 80°C~84°C 之間，而火王爺廟溫泉經抽取至暫置井之時，除了 12 月之泉溫較低，僅為 54.4°C 外，其他月份之泉溫介於 69°C~75.5°C 之間，顯示警光山莊及火王爺廟兩地溫泉泉溫均為中高溫，尤以警光山莊為高，且泉溫穩定。

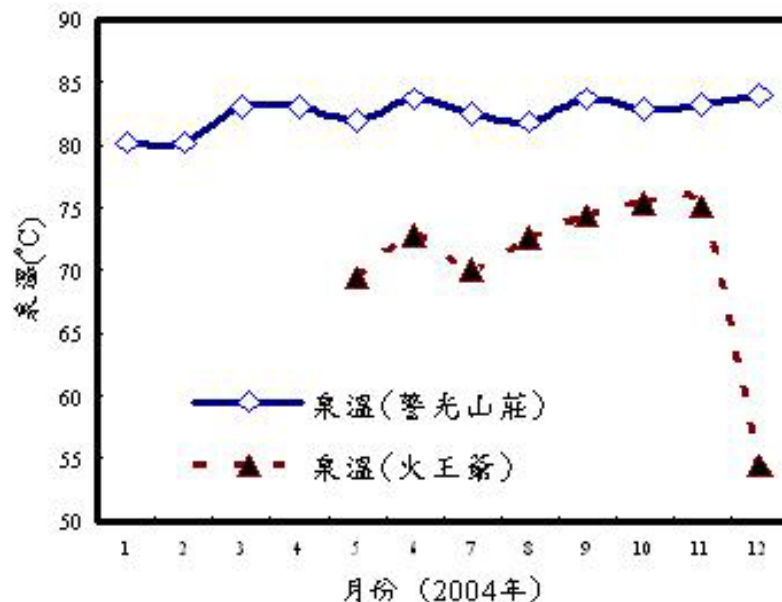


圖 1 警光山莊及火王爺廟兩地溫泉泉溫月變化

b. 溫泉湧出量

警光山莊及火王爺廟兩地溫泉湧出量結果如圖 2，警光山莊溫泉露頭之湧出量介於 18 L/min~37 L/min 之間，每日約 26—53 公噸，而火王爺廟溫泉在 2004 年 1 月至 5 月中期湧泉中斷，5 月底後溫泉再度湧出，經抽取至暫置井之時，此初期流量每分鐘約 4.5 公升(即每日約 6.5 噸)，6 月至 12 月之湧出及抽取流量則逐漸增加，湧出量介於 20 L/min~42 L/min 之間，每日約 29—60 噸。若將警光山莊之溫泉露頭湧出量進行全年平均則該湧出量為 31.1 ± 4.7 L/min；火王爺廟之溫泉抽取湧出量自 6 月至 12 月之泉量平均，則該泉量為 30.0 ± 7.6 L/min，顯示警光山莊之溫泉露頭湧出量較為穩定，且平均湧出量多於火王爺廟處之溫泉抽取湧出量。雖 2004 年 12 月 3 日進行 12 月計畫採樣當日，天氣因冬颶外圍環流影響而下雨，警光山莊及火王爺廟兩地溫泉湧出量分別為 34.2 L/min 及 35.3 L/min，較其他晴天時之湧出量略高，但降雨對溫泉產出量並無極明顯改變。

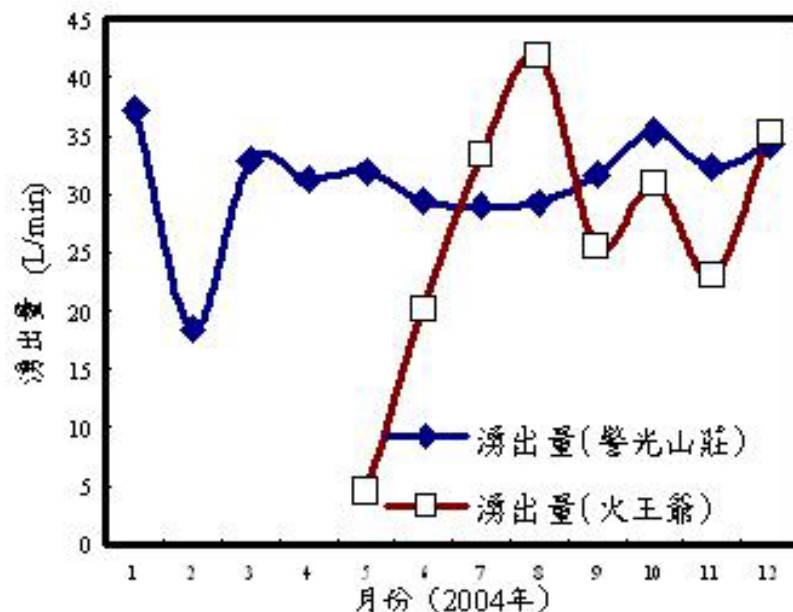


圖 2 警光山莊及火王爺廟兩地溫泉湧出量月變化

c. 酸鹼值變化

警光山莊及火王爺廟兩地溫泉實驗室酸鹼 pH 值結果如圖 3，警光山莊溫泉之室溫酸鹼 pH 值介於 7.86~8.35 之間，而火王爺廟溫泉之室溫酸鹼 pH 值介於 7.72~8.14 之間，顯示警光山莊溫泉之室溫酸鹼 pH 值亦較火王爺廟處為高，此

外兩處之溫泉取回後，其室溫放置之溫泉酸鹼 pH 較現場為高，主要原因亦與實驗室之溫度較現場為低有關，而呈現之鹼性程度亦較高。

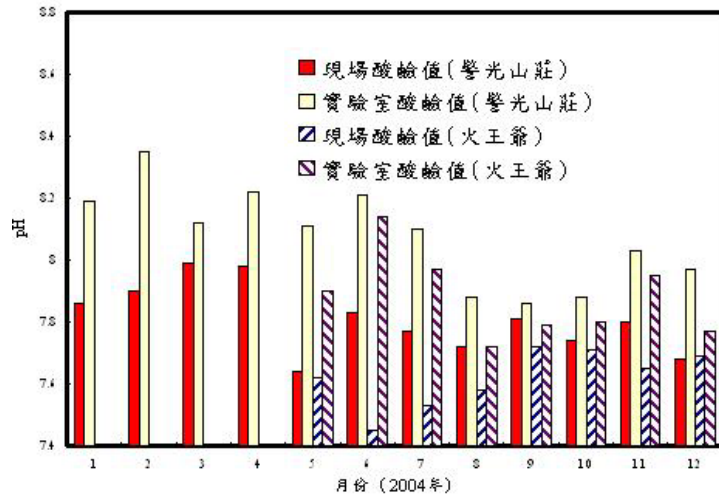


圖 3 警光山莊及火王爺廟兩地溫泉現場及實驗室酸鹼值月變化

d. 溫泉蒸發殘留物變化

警光山莊及火王爺廟兩地溫泉蒸發殘留物結果如圖 4，警光山莊溫泉露頭之蒸發殘留物介於 18~42 g/kg 之間，平均蒸發殘留物為 27.2 ± 7.7 g/kg，而火王爺廟溫泉經抽取至暫置井之溫泉蒸發殘留物介於 7~33 g/kg 之間，平均蒸發殘留物為 16.4 ± 7.5 g/kg，較其他清澈溫泉之固體物量僅為數百 mg/kg 含量，顯示警光山莊與火王爺廟處之溫泉含固體物量極高，完全展現泥泉的特殊性。

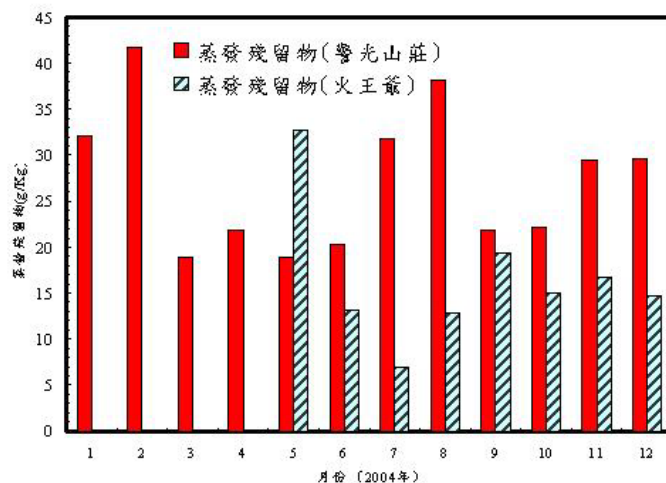


圖 4 警光山莊及火王爺廟兩地溫泉蒸發殘留物月變化

2. 關子嶺泥漿泉顆粒粒徑分佈特性

關子嶺警光山莊及火王爺廟之泥漿泉顆粒粒徑分佈特性，如圖 5、圖 6 所示，其中 Number、Volume 及 Surface area 分別表示不同粒徑大小之顆粒數目比例、不同粒徑大小之顆粒體積比例及不同粒徑大小之顆粒表面積比例值。此結果顯示關子嶺泥漿泉顆粒多屬小於 1.0 μm 的超細微粒，然而整體體積及重量的貢獻，主要以大於 1.0 μm 的泥漿顆粒為主，在泥漿顆粒隨溫泉泉流移動湧出或抽出時，顆粒間的相互摩擦的機械力極為巨大。

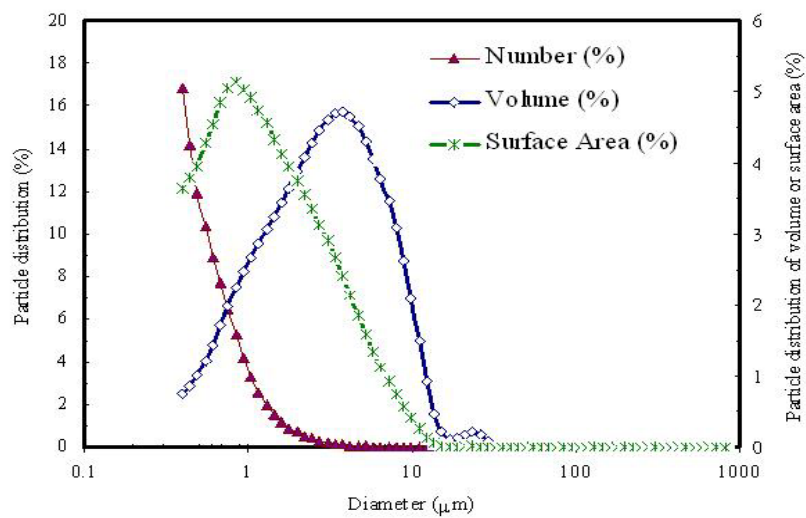


圖 5 警光山莊溫泉露頭泥漿泉顆粒粒徑分佈

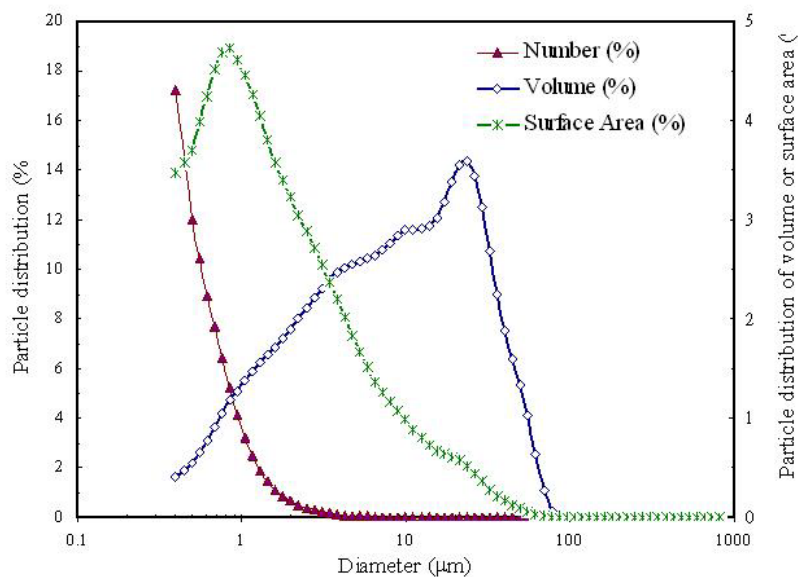


圖 6 火王爺廟溫泉泥漿泉顆粒粒徑分佈

五、結論及建議

1. 警光山莊溫泉露頭之泉溫介於 80°C~84°C 之間，而火王爺廟溫泉露頭之泉溫介於 69°C~75.5°C 之間，顯示兩地溫泉泉溫均為中高溫，尤以警光山莊為高，且泉溫穩定。
2. 警光山莊之溫泉露頭湧出量較為穩定(18 L/min~37 L/min)，且平均湧出量多於火王爺廟處之溫泉抽取湧出量(4.5 L/min~20 L/min)。
3. 警光山莊溫泉露頭之酸鹼 pH 值介於 7.6~8.0 之間，而火王爺廟溫泉露頭之酸鹼 pH 值介於 7.4~7.7 之間，顯示警光山莊之溫泉露頭之鹼性程度較火王爺廟處為高。兩處溫泉均同時顯示關子嶺溫泉乃屬於鹼性、碳酸氫鈉氣鹽泉之沉積岩溫泉，且警光山莊及火王爺廟之溫泉來源判斷應為同一地下泉脈。

六、參考文獻

1. Lamoreaux, P.E. and J.T. Tanner (2001), *Springs and Bottled waters of the world*. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
2. Lin et al., (2001), *Hydrogeology Journal*, Vo.9, No.2.
3. Todd, D.K. (1980), *Groundwater hydrology*. 2nd edn. John Wiley & Sons.
4. Truesdell, A.H. and R.O Fournier (1975), vol. 1, p.837-844.
5. Anstey, K.H., Roskell, C. Hydrotherapy: detrimental or beneficial to the respiratory system? *Physiotherapy* 86: 5-12, 2000.
6. Choukroun, M.L., Kays, C., Varene, P. Effects of water temperature on pulmonary volumes in immersed human subjects. *Respir Physiol* 75: 255-266, 1989.
7. Constant, F., Guillemin, F., Collin, J.F., Boulange, M. Use of spa therapy to improve the quality of life of chronic low back pain patient. *Medical Care* 36(9): 1309-1314, 1998.
8. Hall, J., Macdonald, IA., Maddison, P.J., O'Hare, J.P. Cardiorespiratory response to underwater treadmill walking in healthy females. *Eur J Appl Physiol* 77: 278-284, 1998.

9. Kovacs, I., Bender, T. The therapeutic effects of Cserkeszolo thermal water in osteoarthritis of the Knee: a double blind, controlled, follow-up study. *Rheumatology International* 21(6): 218-221, 2002.
10. Michalsen, A., Lüdtkke, R., Bühring, M., Spahn, G., Langhorst, J., Dobos, G.J. Thermal hydrotherapy improves quality of life and hemodynamic function in patients with chronic heart failure. *Am Heart J* 146: 728, 2003.
11. Strauss-Blasche, G., Ekmekcioglu, C., Klammer, N., Marktl, W. The change of well-being associated with spa therapy. *Forschende Komplementarmedizin und Klassische Naturheilkunde*. 7(6):269-274, 2000.A.
12. Strauss-Blasche, G., Ekmekcioglu, C., Marktl, W. Dose vacation enable recuperation? Changes in well-being associated with time away from work. *Occup Med (Lond)* 50: 167-172, 2000.B.
13. Strauss-Blasche, G., Ekmekcioglu, C., Vacariu, G., Melchart, H., Fialka-Moser, V., Marktl, W. Contribution of individual spa therapies in the treatment of chronic pain. *Clin J Pain* 18: 302-309, 2002.
14. Sukenik, S., Shoenfeld, Y. The Dead Sea is alive. *Israel J Med Sci*. 32 (suppl):S1-S3, 1996.
15. Sukenik, S., Buskila, D., Horowitz, J. Hot spa balneotherapy in rheumatic diseases. *Harefuah* 119: 165-170, 1990.
16. Sukenik, S., Flusser, D., Abu-Shakra, M. The role of spa therapy in various rheumatoid diseases. *Rheum Dis Clin North Am* 25: 883-897, 1999.
17. Tamura, K., Kubota, K., Kurabayashi, H., Shirakura, T. Effects of hyperthermal stress
18. Van Tubergen, A., Landewe, R., van der Heijde, D., Hidding, A., Wolter, N., Asscher, M., Falkenbach, A., Genth, E., The, H.G., van der Linden, S. Combined spa-exercise therapy is effective in patients with ankylosing spondylitis: a randomized controlled trial. *Arthritis & Rheumatism* 45(5): 430-438, 2001.
19. Weston, C.O., Hare, J., Evans, J., Correll, R. Haemodynamic changes in

man during immersion in water at different temperatures. Clin Sci 73:
613-616, 1987.

