DOI:10.6709/TJD.202112_13(2).0002

原著論文

airiti

血液透析病人攝取低鉀蔬菜對血鉀之影響

徐欽鵬 [1,2] 羅詩晴 [1,2,3] 黃千郁 [4,5] 林杏純 [1,3] 張耀仁 [2] 張浤榮 [2,4,5,*]

[1] 中山醫學大學附設醫院營養科
[2] 中山醫學大學醫學研究所
[3] 中山醫學大學營養學系
[4] 中山醫學大學附設醫院腎臟內科
[5] 中山醫學大學附設醫院透析中心

晚期腎臟病與血液透析（hemodialysis, HD）治療的病人因腎臟喪失調節鉀離子的能力，需採取限鉀飲食以維持血鉀穩定。近年國內外陸續有以農業技術生產低鉀蔬菜（low potassium vegetable）提供給腎病病人，本研究目的為探討 HD 病人飲食狀況，並進一步分析攝取此類低鉀蔬菜對其血鉀之影響。本研究為隨機分派、開放式、交叉設計的人體試驗，於中部某醫學中心之透析中心召募 HD 滿 3 個月、每週透析 3 次、過去 3 個月血鉀控制於 3.5 ~ 5.5 mmol/L 且年齡介於 20 ~ 80 歲之 HD 病人，共納入完成受試者 20 名，以 24 小時飲食回憶法收集飲食紀錄，並分為直接烹調的 LPV 組與汆燙 1 分鐘再烹調的市售普通蔬菜組（ordinary vegetable, OV）攝取蔬菜 1 週，經過 1 週清洗期再交叉互換組別，兩組皆於食用試驗蔬菜和控制組蔬菜前後收集血液生化值，最終進行結果分析。本研究發現受試者攝取低鉀蔬菜前後的血鉀並無顯著差異（4.47、4.57 mmol/L, p = 0.371）。受試者所攝取的熱量、蛋白質及膳食纖維皆明顯未達 HD 營養建議攝取量與國人飲食建議量，受試者中僅有 2 位（10.0 %）可達飲食指南每日至少 5 份蔬果的一般健康人群建議攝取量。本研究結果發現 HD 病人食用直接烹調之低鉀蔬菜與經汆燙後市售普通蔬菜相較並無造成血鉀不同，但長期食用是否會對人體造成其它影響，仍待進一步研究探討。

關鍵字：末期腎臟病、血液透析、低鉀蔬菜、營養評估、血鉀

前言

腎臟負責代謝含氮廢物、維持體液與酸鹼平衡、調節電解質濃度、血壓，且參與多種內分泌機轉，是人體重要的器官之一，但隨著慢性腎臟病（chronic kidney disease, CKD）的病程進展，腎功能將會漸進衰退直至末期腎病變（end stage renal

* 通訊作者：張浤榮
地址：402 臺中市南區建國北路一段 110 號，中山醫學大學附設醫院腎臟內科
電話：04-24739595 分機 32634
電子郵件：cshy590@csh.org.tw

airiti

disease, ESRD）[1]，出現尿毒症（uremia）的病人需考慮接受血液透析（hemodialysis, HD）、腹膜透析（peritoneal dialysis, PD）或腎臟移植（renal transplantation）等替代療法[2]，而接受常規透析治療的 CKD 病人仍需配合嚴格的飲食管理以維持體內電解質與水分的穩定，其中包含了鉀離子（potassium, K^+）[3]。

人體中的 K^+ 約有 90 % 由腎臟調節，僅少量由消化道隨糞便排出，血鉀正常值為 3.5 ~ 5.0 mmol/L。K^+ 參與酸鹼平衡、肌肉收縮與神經傳導等生理功能，血鉀異常（dyskalemia）將增加虛弱、抽筋、心律失調甚至死亡等風險，過去研究發現血鉀異常的 CKD 病人有較高的死亡風險[4]，美國國家腎臟基金會（Kidney Disease Outcome Quality Initiative, K/DOQI）建議病人進入 CKD 第 3 期後應減少鉀的攝取[5]。為預防高血鉀症，可透過調整蔬菜的烹調方式、限制攝取蔬菜的種類及減少攝取量，以控制飲食中的鉀攝取量[6]，而近期研究發現食用較多的蔬菜水果有助於降低末期腎臟病人之死亡率[7]。

鉀廣泛存在於各類食物，並以蔬果類的鉀含量最為豐富，根據調查，臺灣 65 歲以上男性的鉀平均攝取量為 2798 mg/day，其中約有 30 % 的鉀自蔬菜獲取[8]。執行限鉀飲食時除避免攝取高鉀食物外，可利用鉀溶於水的特性將蔬果泡水或汆燙以減少食材中部分的鉀[9]，但這將改變食物風味、造成營養素流失、使製備更繁瑣，且蔬菜經汆燙後平均僅能去除 10 ~ 30 % 的鉀含量[10]，有部分病人選擇避免食用蔬果以達控制血鉀的目的，則可能減少自蔬果中獲取膳食纖維、植化素、維生素及礦物質等各類營養素[11]。

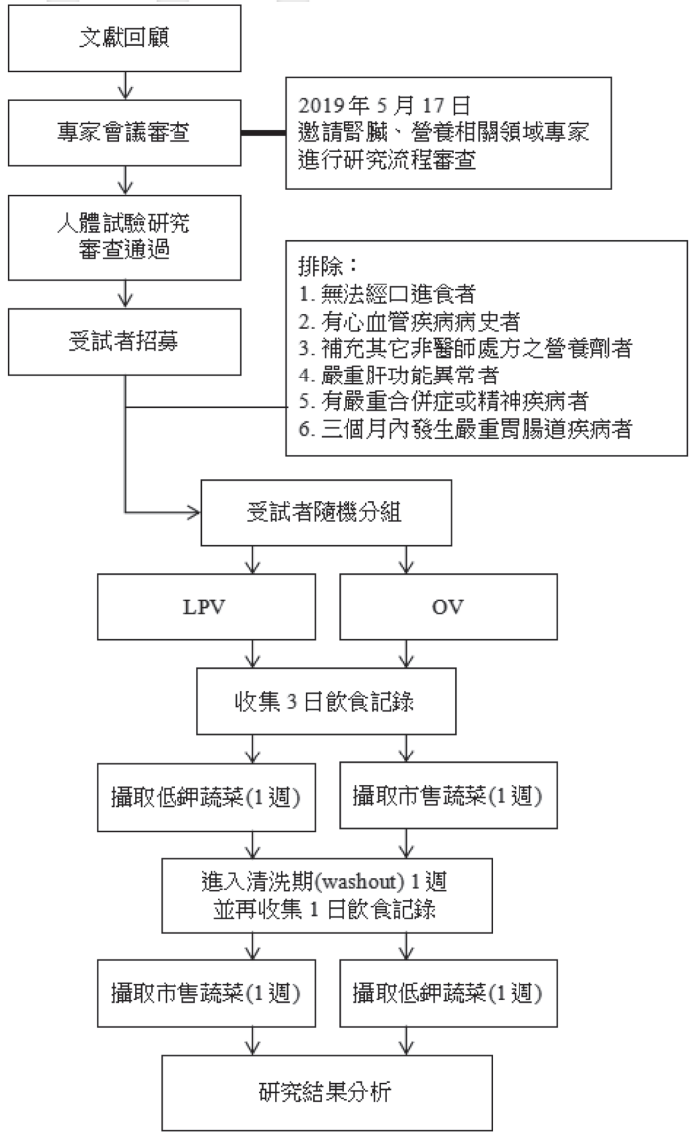
近年國內外陸續有低鉀含量的農產品問世[12,13]。植物生長 3 大要素為氮、磷、鉀，缺乏鉀的植物將會導致生長速率下降甚至壞死，因此業界藉由調整營養劑或肥料的硝酸鉀（KNO_3）比例的方式，讓作物保持低鉀含量且不影響生長的狀態下進行量產，此栽植法之蔬果無須汆燙，且可保留口感並避免微量營養素流失。但國內外迄今尚無正式報告證實低鉀農產品的食用對血鉀的影響，故本研究將針對規律 HD 病人評估其飲食狀況，並探討攝取低鉀蔬菜對透析病人血鉀的影響。

方法

一、研究設計

本研究設計經腎臟專科醫師與營養師進行專家會議審查制定，並經中山醫學大學附設醫院研究倫理審查委員會審議通過（CSMUH No: CS2-19144），為隨機分派、開放式、交叉設計的人體試驗（圖一），收案期間為 2020 年 4 月至 2021 年 3 月止，於中部某醫學中心之透析中心招募規律 HD 滿 3 個月、每週透析 3 次、過去 3 個月血鉀控制於 3.5 ~ 5.5 mmol/L 且年齡介於 20 ~ 80 歲之 HD 病人。排除條件無法經口進食、有心血管病史、自行補充其它非醫師處方之營養補充劑、嚴重肝功能異常、有嚴重合併症或精神疾病或 3 個月內有明顯腹瀉或便秘等胃腸功能異常者，所有受試者皆知情同意並經主治醫師許可，並進一步以亂數隨機分配為直接烹調的低鉀蔬菜組（low potassium vegetable, LPV）與汆燙 1 分鐘再烹調的市售普通蔬菜組（ordinary vegetable, OV），經過 1 週清洗期（washout）後兩組再交叉互換。

airiti



圖一、研究流程圖
LPV：先攝取低鉀蔬菜再攝取市售蔬菜組（low potassium vegetable）。
OV：先攝取市售蔬菜再攝取低鉀蔬菜組（ordinary vegetable）。

二、試驗蔬菜

本研究使用之低鉀蔬菜為智耕創新股份有限公司生產供應（低鉀含量蔬菜的栽培方法，專利證號：I670252），市售蔬菜由營養師向醫院團膳廚房合作的蔬果商至傳統批發市場採購，並由國立中興大學農業暨自然資源學院土壤調查試驗中心進行試驗蔬菜的全鉀檢測（表一）。為避免研究誤差，試驗期間統一提供油菜與小白菜等 2 種蔬菜，並依衛生福利部國民健康署於 2018 年發布之每日飲食指南提供 300 g/day（約 3 份）的試驗蔬菜取代每日正餐

airiti

表一、試驗蔬菜鉀含量檢測

	市售小白菜	低鉀小白菜	*p*	市售油菜	低鉀油菜	*p*
全鉀 (%)						
Mean ± SD	6.23 ± 0.35	2.3	0.003*	5.10 ± 0.17	2.2	0.001*

蔬菜鉀含量檢測採行政院農業委員會全鉀（方法編號：AFS2130-1，感應耦合電漿原子發射光譜儀法）進行分析，檢測結果以每 100 g 蔬菜樣品所含的全鉀（total potassium）百分比（%）表示。
本研究所提供之兩項低鉀蔬菜皆是同批生產，為單樣本
以 independent sample *t* test 分析市售蔬菜與低鉀蔬菜全鉀百分比之差異。
*$p < 0.05$ 代表具有統計上的差異。
SD: standard deviation.

蔬菜，其餘則維持日常飲食模式，受試者食用試驗蔬菜前由營養師完成限鉀飲食衛教，市售蔬菜需經汆燙 1 分鐘後瀝乾菜汁再烹調攝取，低鉀蔬菜則省略汆燙流程直接熱炒後食用。LPV 與 OV 兩組各攝取 7 天試驗蔬菜、進入 7 天之清洗期後再交叉攝取另一組試驗蔬菜。

三、資料收集

（一）基本資料

研究期間收集受試者的基本資料（性別、年齡）、體位資料（身高、透析後乾體重與身體質量指數 [body mass index, BMI]）、用藥紀錄、疾病史、生化檢驗值（血清鈉、鉀、鈣、磷與動脈血氣體分析之酸鹼值 [pH] 及碳酸氫鹽 [HCO_3^-, bicarbonate]），於試驗結束後納入分析。

（二）飲食紀錄

本研究採用 24 小時飲食回憶法，由營養師使用標準食物模型向受試者進行面對面訪談完成飲食紀錄，於試驗介入前完成一週共 3 次的飲食紀錄並取平均值，於試驗中再進行 1 次飲食紀錄以評估受試者試驗前後的營養攝取量差異。受試者的飲食紀錄以營養師公會全國聯合會提供之簡易營養量計算表（109 年版）[14] 進行營養素攝取評估，用以估算受試者所攝取的熱量、蛋白質、膳食纖維與鉀等。

（三）藥物與營養補充品

試驗期間受試者將保持一致的用藥（含利尿劑、胃腸用藥、降血鉀藥、降血糖藥物、透析液電解質濃度）與劑量，且皆未另行使用非醫師開立之營養補充劑（如綜合維生素等）。

（四）資料分析

本研究使用 SPSS 18.0 統計軟體（SPSS INC, Chicago, IL, USA）進行資料分析，以 $p < 0.05$ 定義具有統計上的差異。以描述性統計分析受試者的基本資料，如：年齡、性別、體位資料、生化數值、病史、用藥紀錄與營養攝取量，並以獨立 *t* 檢定（independent sample *t* test）分析組間差異。以配對 *t* 檢定（paired *t* test）分析受試者試驗前後的營養攝取量差異及生化數值變化。

結果

本研究有 23 名受試者加入試驗，排除 1 名受試者於試驗開始前死亡、1 名受試者於試驗開始前轉院、1 名受試者因個人因素於試驗中退出，最終共有 20 名受試

airiti

者完成試驗並納入結果分析。受試者平均年齡為63.2 ± 8.46歲、包含男性15名（75.0%）、身高平均為165.80 ± 8.20 cm、體重平均為63.40 ± 12.58 kg、BMI為22.90 ± 3.58。生化數值部分，血鈣為9.11 ± 0.88 mg/dL、血磷為5.62 ± 1.68 mg/dL、血鈉為134.55 ± 3.41 mmol/L、血鉀為4.58 ± 0.62 mmol/L、白蛋白為4.02 ± 0.30 g/dL。過去病史部分，受試者平均HD病史為4.7 ± 5.9年、合併糖尿病者為13名（65.0%）、高血壓為9名（45.0%）。用藥紀錄部分，使用利尿劑為3名（15.0%）、使用胃腸用藥為11名（55.0%）、使用胰島素與降血糖用藥為11名（55.0%）、使用降血鉀藥物中為2名（10.0%）。經隨機分配後，兩組間在基線僅血磷（6.36 ± 1.66、4.87 ± 1.42, $p = 0.044$ ）出現顯著差異（表二）。

營養攝取量部分（表三），受試者

表二、受試者基本資料

基本資料	Overall (n = 20)	LPV (n = 10)	OV (n = 10)	p
年齡，mean ± SD	63.2 ± 8.46	63.50 ± 8.21	62.80 ± 9.14	0.859
男性 n (%)	15 (75.0)	7 (70.0)	8 (80.0)	1.000
生化數值				
鈣 (mg/dL)	9.11 ± 0.88	9.38 ± 0.45	8.83 ± 1.12	0.168
磷 (mg/dL)	5.62 ± 1.68	6.36 ± 1.66	4.87 ± 1.42	0.044*
鈉 (mmol/L)	134.55 ± 3.41	135.40 ± 3.31	133.70 ± 3.47	0.276
鉀 (mmol/L)	4.58 ± 0.62	4.49 ± 0.81	4.66 ± 0.36	0.553
白蛋白 (g/dL)	4.02 ± 0.30	4.03 ± 0.28	4.01 ± 0.33	0.884
身高 (cm)	165.80 ± 8.20	164.90 ± 9.86	166.70 ± 6.77	0.640
體重 (kg)	63.40 ± 12.58	59.28 ± 12.35	67.48 ± 12.01	0.149
BMI (kg/m^2)	22.90 ± 3.58	21.64 ± 2.90	24.22 ± 3.86	0.108
透析病史 (year)	4.70 ± 5.87	4.88 ± 6.08	4.49 ± 5.98	0.886
Kt/V (daugirdas)	1.61 ± 0.22	1.67 ± 0.17	1.54 ± 0.25	0.175
糖尿病 n (%)	13 (65.0)	6 (60.0)	7 (70.0)	0.660
高血壓 n (%)	9 (45.0)	5 (50.0)	4 (40.0)	0.673
用藥紀錄 n (%)				
利尿劑	3 (15.0)	2 (20.0)	1 (10.0)	0.556
胃腸用藥	11 (55.0)	6 (60.0)	5 (50.0)	0.673
胰島素與口服血糖藥	11 (55.0)	5 (50.0)	6 (60.0)	0.673
降血鉀藥物	2 (10.0)	2 (20.0)	0 (0)	0.151

LPV：先攝取低鉀蔬菜再攝取市售蔬菜組（low potassium vegetable）。
OV：先攝取市售蔬菜再攝取低鉀蔬菜組（ordinary vegetable）。
SD: standard deviation; BMI: body mass index.
以描述性統計分析受試者基本資料，並以平均值 ± 標準差（mean ± standard deviation, SD）或百分比（%）表示。
以 independent sample t test 分析組間之差異。
*$p < 0.05$ 代表具有統計上的差異。

表三、受試者營養攝取量評估

飲食評估	Overall (n = 20)			LPV (n = 10)			OV (n = 10)			兩組比較 (p^b)	
	Pre	Post	p^a	Pre	Post	p^a	Pre	Post	p^a	Pre	Post
營養攝取量											
熱量 (kcal/day)	1606.0 ± 482.6	1564.1 ± 488.8	0.786	1683.0 ± 529.1	1622.4 ± 529.3	0.800	1528.9 ± 445.5	1505.7 ± 465.5	0.910	0.490	0.607
蛋白質 (g/day)	68.3 ± 20.8	66.3 ± 18.8	0.747	68.1 ± 20.8	64.5 ± 14.8	0.659	68.5 ± 22.0	68.1 ± 22.8	0.964	0.965	0.681
膳食纖維 (g/day)	10.9 ± 4.2	10.6 ± 3.4	0.835	12.3 ± 5.0	11.3 ± 3.6	0.396	9.4 ± 2.8	9.9 ± 3.3	0.713	0.121	0.368
鉀 (mg/day)	1785.6 ± 444.2	1799.3 ± 411.2	0.920	1922.4 ± 501.4	1886.1 ± 458.2	0.396	1648.8 ± 351.5	1712.4 ± 362.0	0.694	0.175	0.359
飲食份數											
水果類 (份)	1.1 ± 1.0	0.7 ± 0.7	0.057	1.4 ± 1.1	0.8 ± 0.8	0.110	0.9 ± 0.8	0.7 ± 0.6	0.318	0.251	0.888
蔬菜類 (份)	2.8 ± 1.3	3.1 ± 1.2	0.330	2.9 ± 1.8	3.2 ± 1.2	0.525	2.7 ± 0.5	2.9 ± 1.3	0.491	0.655	0.668
全穀雜糧類 (份)	8.9 ± 3.6	9.0 ± 4.1	0.939	10.8 ± 4.6	9.8 ± 3.7	0.578	8.1 ± 3.4	8.0 ± 3.6	0.797	0.366	0.350
豆魚蛋肉類 (份)	6.2 ± 2.1	5.5 ± 2.0	0.025*	6.2 ± 2.1	5.2 ± 1.5	0.025*	6.1 ± 2.3	6.0 ± 2.5	0.489	0.968	0.442

Pre：介入前；Post：介入後；LPV：先攝取低鉀蔬菜再攝取市售蔬菜組（low potassium vegetable）；OV：先攝取市售蔬菜再攝取低鉀蔬菜組（ordinary vegetable）。

資料以平均值 ± 標準差（mean ± standard deviation, SD）及 n（%）表示。

[a] 以 paired t test 分析受試者試驗前與試驗後之飲食攝取量差異。

[b] 以 independent sample t test 分析兩組飲食攝取量前後之差異。

*$p < 0.05$ 代表具有統計上的差異。

airiti

於試驗開始前後攝取熱量分別為 1606.0 ± 482.6 及 1564.1 ± 488.8 kcal/day、蛋白質為 68.3 ± 20.8 g/day 及 66.3 ± 18.8 g/day、膳食纖維為 10.9 ± 4.2 g/day 及 10.6 ± 3.4 g/day、鉀為 1785.6 ± 444.2 mg/day 及 1799.3 ± 411.2 mg/day；食物份數攝取前後為水果類 1.1 ± 1.0 及 0.7 ± 0.7 份、蔬菜類 2.8 ± 1.3 及 3.1 ± 1.2 份、全穀雜糧類 8.9 ± 3.6 及 9.0 ± 4.1 份、豆魚蛋肉類 6.2 ± 2.1 及 5.5 ± 2.0 份。其中豆魚蛋肉類攝取前後在所有受試者（$p = 0.025$）與 LPV 組皆出現顯著差異（$p = 0.025$）。

生化檢驗數值方面（表四），LPV 與 OV 兩組在攝取兩種試驗蔬菜前後的血鉀、血鈉與 pH 值等項目皆無顯著差異。在 LPV 組部分，攝取低鉀蔬菜前後的血鈉（前：135.50 mmol/dL、後：133.20 mmol/dL, $p = 0.032$）與市售蔬菜前後的血鈣（前：9.09 mg/dL、後：9.49 mg/dL, $p = 0.007$）有顯著差異；在 OV 組部分，攝取低鉀蔬菜前後的血鈣（前：8.65 mg/dL、後：9.05 mg/dL, $p = 0.023$）、血磷（前：3.94 mg/dL、後：4.61 mg/dL, $p = 0.042$）與 HCO_3^-（前：21.52 mmol/L、後：19.85 mmol/L, $p = 0.027$）亦出現顯著差異，將 LPV 與 OV 兩組的生化檢驗數值進行交叉比較，兩組受試者在攝取低鉀蔬菜前的血鈣（$p = 0.046$）及血鈉（$p = 0.048$）具有顯著差異，但在攝取低鉀蔬菜後則皆無差異；而兩組受試者在攝取市售蔬菜後發現血磷具顯著差異（$p = 0.001$）。其中在動脈血氣體分析部分，OV 組的 1 名受試者因個人因素未完成檢驗，故僅納入 9 名受試者的資料進行分析。

進一步將所有受試者攝取兩種試驗蔬菜前後的生化檢驗數值共同分析（表五），在血磷、血鉀與 pH 值等項目皆無顯著差異，攝取低鉀蔬菜前後的血鈉（前：134.45 mmol/L、後：133.10 mmol/L, $p = 0.041$）與 HCO_3^-（前：21.33 mmol/L、後：20.27 mmol/L, $p = 0.030$）出現顯著差異，而攝取市售蔬菜前後的血鈣亦有顯著差異（前：8.85 mg/dL、後：9.27 mg/dL, $p = 0.005$）。

討論

本研究旨在探討 HD 病人的飲食攝取狀況，並提供特殊栽植的低鉀蔬菜觀察對其血鉀的影響，受試者經分組後，兩組間僅血磷出現顯著差異（$p = 0.044$），由於本研究設計採用亂數編碼隨機分派，並無事前針對受試者進行條件設置，故高血磷受試者多被分派於 LPV 組，出現兩組分派不均之現象。

膳食纖維主要存在於蔬果類、其次則為全穀雜糧類與豆類等食物，具有調節血糖、血脂、血壓、維持腸道正常菌相以及預防憩室症與便秘等重要生理功能，當 HD 病人喪失了腎臟調控血鉀的正常機制時，腸道會是維持鉀平衡的重要途徑 [15]，為了預防高血鉀，HD 病人需採取積極的限鉀飲食，而控制蔬果食用量與製備方式是常見的限鉀飲食策略，但根據一篇納入 8078 名 HD 病人的大型跨國前瞻性研究發現僅約 4% 的病人每日攝取達 4 份以上蔬果，而每週攝取至少 5.6 ~ 10 份的蔬果與降低非心血管死亡率及全死因死亡率等風險呈現正相關 [16]。一篇對 HD 病人進行調查的研究發現病人因飲食禁忌多、製備流程繁瑣，導致病人難以負荷，可能會選擇簡單的飲食或是放棄配合飲食建議 [17]，雖然國內外迄今未針對 HD 病人提出建議的蔬果攝取量，但病人應在不影響血鉀的

表四、試驗蔬菜介入前後之生化檢驗數值變化

生化數值	LPV (n = 10)				OV (n = 10)				兩組比較 (p)			
血清 (serum)	PreLPV	PostLPV	PreOV	PostOV	PreOV	PostOV	PreLPV	PostLPV	PreLPV	PostLPV	PreOV	PostOV
鈣 (mg/dL)	9.28	9.22	9.09	9.49	8.62	9.05	8.65	9.05	0.046*	0.502	0.232	0.214
	p = 0.739		p = 0.007*		p = 0.110		p = 0.023*					
磷 (mg/dL)	5.37	5.13	5.87	6.51	4.52	4.14	3.94	4.61	0.079	0.422	0.066	0.001*
	p = 0.158		p = 0.152		p = 0.276		p = 0.042*					
鈉 (mmol/L)	135.50	133.20	134.20	133.70	133.10	132.40	133.40	133.00	0.048*	0.869	0.358	0.383
	p = 0.032*		p = 0.634		p = 0.428		p = 0.613					
鉀 (mmol/L)	4.45	4.45	4.74	4.52	4.25	4.38	4.50	4.70	0.545	0.545	0.196	0.638
	p = 1.000		p = 0.131		p = 0.335		p = 0.239					
動脈血氣體分析 (arterial blood analysis)												
	LPV (n = 10)				OV (n = 9)							
pH value	7.364	7.368	7.369	7.357	7.373	7.362	7.361	7.366	0.974	0.867	0.647	0.656
	p = 0.516		p = 0.081		p = 0.570		p = 0.651					
HCO_3^- (mmol/L)	21.15	20.69	20.37	19.55	20.65	20.94	21.52	19.85	0.890	0.265	0.770	0.127
	p = 0.483		p = 0.134		p = 0.341		p = 0.027*					

LPV：先攝取低鉀蔬菜再攝取市售蔬菜組（low potassium vegetable）。
OV：先攝取市售蔬菜再攝取低鉀蔬菜組（ordinary vegetable）。
PreLPV：攝取低鉀蔬菜前；PostLPV：攝取低鉀蔬菜後；PreOV：攝取市售蔬菜前；PostOV：攝取市售蔬菜後。
以 paired t test 分析受試者攝取試驗蔬菜前後之生化檢驗數值差異。
以 independent sample t test 分析兩組受試者攝取試驗蔬菜前後之生化檢驗數值差異。
*$p < 0.05$ 代表具有統計上的差異。

airiti

表五、所有受試者試驗期間之生化數值變化

生化數值	Overall (n = 20)			
血清 (serum)	PreLPV	PostLPV	PreOV	PostOV
鈣 (mg/dL)	8.96	9.13	8.85	9.27
	p = 0.183		p = 0.005*	
磷 (mg/dL)	4.65	4.87	5.19	5.32
	p = 0.269		p = 0.648	
鈉 (mmol/L)	134.45	133.10	133.65	133.05
	p = 0.041*		p = 0.362	
鉀 (mmol/L)	4.47	4.57	4.95	4.45
	p = 0.371		p = 0.657	
動脈血氣體分析 (arterial blood analysis)				
	Overall (n = 19)			
pH value	7.363	7.367	7.371	7.363
	p = 0.441		p = 0.084	
HCO_3^- (mmol/L)	21.33	20.27	20.50	20.23
	p = 0.030*		p = 0.425	

PreLPV：攝取低鉀蔬菜前；PostLPV：攝取低鉀蔬菜後；PreOV：攝取市售蔬菜前；PostOV：攝取市售蔬菜後。
以 paired t test 分析受試者攝取試驗蔬菜前後之生化檢驗數值差異。
*$p < 0.05$ 代表具有統計上的差異。

情況下使每日蔬果與膳食纖維達到一般健康人群的建議攝取量。

本研究於試驗前進行飲食評估，受試者平均攝取熱量 1606.0 ± 482.6 kcal/day、蛋白質 68.3 ± 20.8 g/day、鉀 1785.6 ± 444.2 mg/day，平均體重為 63.4 ± 12.6 kg。進一步以中位數（median）分析每位受試者平均每公斤體重所攝取營養素，攝取熱量為 26.2（11.57 ~ 39.73） kcal/kg/day、蛋白質為 1.06（0.7 ~ 2.0） g/kg/day、鉀為 28.0（14.9 ~ 60.3）mg/kg/day。K/DOQI 建議規律接受 HD 者每日應攝取熱量為 30 ~ 35 kcal/kg/day、蛋白質 1.0 ~ 1.2 g/kg/day，鉀的攝入量則以可維持血鉀穩定即可[18]，本研究受試者於每日攝取平均熱量部分僅有 7 名（35.0%）達到建議攝取量、達到蛋白質建議攝取量則為 14 名（70.0%），而熱量與蛋白質同時達到建議攝取量為 7 名（35.0%），7 名受試者皆為前述熱量攝取達建議量者。一項敘述性綜論指出全球 HD 病人有 70 ~ 90% 的營養攝取量未達建議，且有 30 ~ 80% 病人的蛋白質攝取量不足，這增加了 HD 病人的死亡風險[19]，因此 HD 病人仍應定期接受營養評估，並依其生化檢驗數值變化與個人營養狀況適時規劃飲食策略以利維持良好狀態。

以飲食份量進一步評估，受試者平均每日攝取蔬菜為 2.8 份、水果為 1.1 份、全穀雜糧類為 8.9 份、豆魚蛋肉類為 6.2 份。根據 102 ~ 105 年國民營養健康狀況變遷調查[20]結果顯示，我國 19 歲以上成人每日蔬菜達至少 3 份比例為 14.2 ~ 20.9%、

airiti

水果達至少 2 份比例為 7.7 ~ 16.1%、同時達到蔬果 5 份（蔬菜至少 3 份）為 9.7 ~ 16.3%、膳食纖維為 13.5 ~ 18.8 g/day，且攝取量隨年齡層增加有增加之趨勢。本研究受試者中有 7 名（35.0 %）每日平均可攝取至少達 3 份蔬菜，6 名（30.0 %）每日至少達 2 份水果，而每日同時達到 3 份蔬菜、2 份水果之建議攝取量者僅 2 名（10.0 %），平均膳食纖維攝取量為 10.86 ± 4.22 g/day，顯見本研究受試者的整體蔬果量與國人平均攝取量相較明顯不足，並連帶影響膳食纖維攝取。

另外研究中對受試者再進行一次 24 小時飲食紀錄，發現 LPV 組在豆魚蛋肉類攝取量與介入前相較有顯著差異（前測：6.2 份，後測：5.2 份，$p = 0.025$），且所有受試者同樣在豆魚蛋肉類攝取量亦有所差異（前測：6.2 份，後測：5.5 份，$p = 0.025$）。豆魚蛋肉類亦為含鉀食物，過去研究針對 HD 病人進行食物頻率問卷（food frequency questionnaire, FFQ）中指出牛肉與雞肉為膳食鉀攝入量的主要食物種類之一 [3]，因此隨著豆魚蛋肉類攝取量的減少，亦可能連帶減少鉀的攝入量。由於本研究為短期試驗，採取頻繁密集的方式調查飲食紀錄，部分受試者接受調查時略有疲倦、不耐感，可能迴避或簡略回答飲食攝入量，且後測僅採計單日攝取量做為飲食變化的對照，故無法排除攝取量的差異為調查偏差所造成。

試驗蔬菜介入方面，本研究發現兩組受試者攝取直接烹調的低鉀試驗蔬菜後，食用前後血鉀並無顯著變化（$p = 1.000$、0.239），但 LPV 組在攝取低鉀試驗蔬菜後血鈉出現顯著差異（$p = 0.032$），OV 組在低鉀蔬菜後則有血鈣（$p = 0.023$）、血磷（$p = 0.042$）及 HCO_3^-（$p = 0.027$）的改變，而兩組改採市售試驗蔬菜經氽燙至少 1 分鐘後再烹調攝取的前後血鉀變化並無顯著差異（$p = 0.131$、0.335），而 LPV 組攝取了市售蔬菜後血鈣出現了差異（$p = 0.007$）。將兩組受試者的生化檢驗數值進行交叉比較後，可見兩組受試者在攝取低鉀試驗蔬菜前的血鈣（$p = 0.046$）與血鈉（$p = 0.048$）有顯著差異，但在攝取後並未觀察到有差異情形，另外在攝取市售試驗蔬菜後發現兩組間在血磷的變化有所差異（$p = 0.001$），由於研究過程中 LPV 組的受試者在攝取低鉀與市售試驗蔬菜皆未發現血磷的顯著改變，且本研究在收案分組時採隨機分派，在分組時已發現高血磷者多分派至 LPV 組，與 OV 組在收案初期即有顯著差異，因此兩組間的血磷差異可能為分派條件所導致。

進一步將所有受試者攝取低鉀蔬菜前後的生化檢驗數值共同分析，血磷、血鉀與 pH 值皆無顯著差異，在血鈉（$p = 0.041$）及 HCO_3^-（$p = 0.030$）則出現了差異；另外受試者們攝取市售蔬菜後在血鈣出現了顯著差異（$p = 0.005$）。隨著腎功能下降，腎臟調節酸鹼平衡的功能不全，導致 ESRD 病人發生代謝性酸中毒或 HCO_3^- 的儲存量下降，需要靠規律的透析治療以維持酸鹼平衡 [21]；一項大型試驗指出 HD 病人於透析前將 HCO_3^- 維持於 20 ~ 22 mmol/L 則具有較低的死亡率 [22]，而本研究共納入 19 名受試者進行動脈血氣體分析，雖然於統計學上有顯著的變化，但並不具明顯的臨床意義，由於樣本數不足，尚無法證明 HCO_3^- 的變化與低鉀試驗蔬菜攝取有直接相關。另所有受試者攝取低鉀蔬菜前後的血鈉有所變化（前測：134.45，後測：133.10 mmol/L，$p = 0.003$），以臨床判讀上皆屬於低血鈉

airiti

（hyponatremia，Na < 135 mmol/L），一篇研究指出低血鈉是常見的電解質異常，而 ESRD 伴隨寡尿的病人，其水分與鈉離子幾乎受透析治療影響，且觀察到低血鈉者同時有較高的高血鈣發生 [23]，因此無法排除低血鈉為治療所造成，並連帶影響了血鈣的改變；另根據低鉀蔬菜的栽植原理，為減少蔬菜鉀含量，於栽植期間其養液會使用硝酸鈉或硝酸銨以取代硝酸鉀 [13]，可能會造成食用者的血鈉上升，但本研究受試者食用後並未有血鈉上升之情形，故本研究推論低鉀試驗蔬菜的攝取與血鈉變化之間未有充分證據可證明具有相關性。

研究限制

本研究樣本較小、且僅納入血鉀穩定的受試者進入試驗，可能導致各項分析與探討結果有所誤差；另於專家會議中評估本研究為短期試驗，對改善受試者飲食製備的便利性可能無法看出成效，故未進行生活品質問卷調查，對於攝取低鉀蔬菜對於 HD 病人在控制鉀攝取量外之益處仍待後續研究探討。

結論

本研究發現受試者攝取低鉀栽植與市售蔬菜前後皆無造成血鉀不同。而本研究受試者平均所攝取的熱量、蛋白質、膳食纖維皆明顯不足，飲食份量部分，僅有 2 位受試者達每日至少 5 份蔬果的一般健康人群建議攝取量。另外受試者攝取低鉀栽植與市售蔬菜前後皆無造成血鉀不同。本研究顯示攝取低鉀蔬菜直接烹調、不經汆燙仍可達到傳統汆燙蔬菜的效果，且並無造成血鉀不同，但長期食用是否會對 HD 病人造成其它影響，仍待後續進一步研究探討。

誌謝

本研究經費由中山醫學大學附設醫院院內研究計畫贊助（計畫編號：CSH-2020-A-014），本研究低鉀蔬菜由智耕創新股份公司黃明發藥師提供。誠摯感謝撥冗參與專家會議審查的徐國雄副院長、邱炳芳主任，以及院內各單位同仁於研究中的協助。

參考文獻

1. Levey AS, Eckardt KU, Tsukamoto Y, et al. Definition and classification of chronic kidney disease: a position statement from Kidney Disease: improving Global Outcomes (KDIGO). Kidney Int 2005;67:2089-100. doi:10.1111/j.1523-1755.2005.00365.x
2. Levey AS, Coresh J. Chronic kidney disease. Lancet 2012;379:165-80. doi:10.1016/S0140-6736(11)60178-5
3. Noori N, Kalantar-Zadeh K, Kovesdy CP, et al. Dietary potassium intake and mortality in long-term hemodialysis patients. Am J Kidney Dis 2010;56:338-47. doi:10.1053/j.ajkd.2010.03.022
4. Nakhoul GN, Huang H, Arrigain S, et al. Serum potassium, end-stage renal disease and mortality in chronic kidney disease. Am J Nephrol 2015;41:456-63. doi:10.1159/000437151
5. Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (K/DOQI). K/DOQI clinical practice guidelines on hypertension and antihypertensive agents in chronic kidney disease. Am J Kidney Dis 2004;43(Suppl 1):S1-290.
6. Cupisti A, Kovesdy CP, D'Alessandro

airiti

C, et al. Dietary approach to recurrent or chronic hyperkalaemia in patients with decreased kidney function. Nutrients 2018;10:261. doi:10.3390/nu10030261
7. Gutiérrez OM, Muntner P, Rizk DV, et al. Dietary patterns and risk of death and progression to ESRD in individuals with CKD: a cohort study. Am J Kidney Dis 2014;64:204-13. doi:10.1053/j.ajkd.2014.02.013
8. Wu SJ, Pan WH, Yeh NH, et al. Trends in nutrient and dietary intake among adults and the elderly: from NAHSIT 1993-1996 to 2005-2008. Asia Pac J Clin Nutr 2011;20:251-65.
9. Martínez-Pineda M, Yagüe-Ruiz C, Caverni-Muñoz A, et al. Reduction of potassium content of green bean pods and chard by culinary processing. Tools for chronic kidney disease. Nefrologia 2016;36:427-32. doi:10.1016/j.nefro.2016.03.022
10. 胡懷玉、金惠民、駱菲莉。加熱前處理對蔬菜鉀流失率之影響。臺灣膳食營養學雜誌 2009；1(1)：21-8。
11. Vinha AF, Alves RC, Barreira SVP, et al. Impact of boiling on phytochemicals and antioxidant activity of green vegetables consumed in the Mediterranean diet. Food Funct 2015;6:1157-63. doi:10.1039/c4fo01209g
12. Renna M, Castellino M, Leoni B, et al. Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function. Nutrients 2018;10:675. doi:10.3390/nu10060675
13. 鍾興穎、鄔家琪、方煒。全人工光型植物工廠中低鉀，低鈉與低硝酸鹽水耕栽培萵苣之研究。臺灣園藝 2018；64(2)：113-24。
14. 中華民國營養師公會全國聯合會。檔案下載—簡易營養量計算表。網站來源：http://www.dietitians.org.tw/download（2021 年 01 月 25 日查閱）。
15. Hayes CP Jr, McLeod ME, Robinson RR. An extravenal mechanism for the maintenance of potassium balance in severe chronic renal failure. Trans Assoc Am Physicians 1967;80:207-16.
16. Saglimbene VM, Wong G, Ruospo M, et al. Fruit and vegetable intake and mortality in adults undergoing maintenance hemodialysis. Clin J Am Soc 2019;14:250-60. doi:10.2215/CJN.08580718
17. Burrowes JD, Ramer NJ. Changes in potassium content of different potato varieties after cooking. J Ren Nutr 2008;18:530-4. doi:10.1053/j.jrn.2008.08.005
18. Ikizler TA, Burrowes JD, Byham-Gray LD, et al. KDOQI clinical practice guideline for nutrition in CKD: 2020 update. Am J Kidney Dis 2020;76(Suppl 1):308.
19. Sahathevan S, Khor BH, Ng HN, et al. Understanding development of malnutrition in hemodialysis patients: a narrative review. Nutrients 2020;12:3147. doi:10.3390/nu12103147
20. 潘文涵，張新儀，吳幸娟等。國民營養健康狀況變遷調查（102~ 105 年）。衛生福利部國民健康署、財團法人國家衛生研究院，苗栗縣：2013；研究計畫編號：DOH102-HP-1703。
21. 簡志強、林志慶、楊五常。末期腎病變的酸鹼平衡。腎臟與透析 2005；17(1)：16-23。doi:10.6340/KD.2005(1).03
22. Lowrie EG, Lew NL. Death risk in hemodialysis patients: the predictive value of commonly measured variables and an evaluation of death rate differences between facilities. Am J Kidney Dis 1990;15:458-82. doi:10.1016/s0272-6386(12)70364-5
23. Waikar SS, Curhan GC, Brunelli SM. Mortality associated with low serum sodium concentration in maintenance hemodialysis. Am J Med 2011;124:77-84.

airiti

DOI:10.6709/TJD.202112_13(2).0002 Original Article

The Impact of Specially Planted Low Potassium Vegetables on Serum Potassium in Hemodialysis Patients

Chin-Peng Hsu[1,2] Shih-Ching Lo[1,2,3] Chien-Yu Huang[4,5] Hsing-Chun Lin[1,3] Yan-Zin Chang[2] Horng-Rong Chang[2,4,5,*]

[1]Department of Nutrition, Chung Shan Medical University Hospital, Taichung, Taiwan
[2]Institute of Medicine, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan
[3]Department of Nutrition, Chung Shan Medical University, Taichung, Taiwan
[4]Division of Nephrology, Chung Shan Medical University Hospital, Taichung, Taiwan
[5]Dialysis Center, Chung Shan Medical University Hospital, Taichung, Taiwan

Patients on hemodialysis (HD) are at higher risk of hyperkalemia as renal secretion of K^+ decreases. Hyperkalemia is linked to arrhythmia, sudden cardiac death, general weakness, and muscle cramps. A low potassium diet is usually needed to avoid hyperkalemia in HD patients. As fresh fruits and vegetables tend to be high in potassium, low potassium vegetables have been developed using agricultural techniques. However, there have been no clinical trials involving the consumption of low potassium vegetables by end stage renal disease patients. In this study, we investigated the dietary statuses and effects of cosuming low potassium vegetables on serum potassium levels in chronic HD patients. This is a randomized, controlled, cross-over study of HD patients at Chung Shan Medical University Hospital. Twenty patients were assigned to two groups (low potassium vegetables without blanching and commercially available vegetables blanched for at least 1 minute, eaten for 1 week, followed by cross-over). The 24-hour diet recall method was used to collect dietary records. Serum potassium, sodium, calcium, and phosphorus were measured before and after the study. Data were analyzed using descriptive statistics, independent sample *t* test, and paired sample *t* test. A p value < 0.05 was considered statistically significant. Caloric, protein, and dietary fiber intakes were lower than those recommended for HD patients and the general Taiwanese population. Two patients (10.0%) consumed 5 portions of vegetables daily, reaching the recommended intake servings for healthy people. There was no significant differences in serum potassium levels before and after consumption of low-potassium vegetables (4.47 and 4.57 mmol/L, $p = 0.371$). Based on the results of this study, serum potassium levels did not differ significantly among HD patients who consume low-potassium vegetables and those who do not.

Keywords: end stage renal disease, hemodialysis, low potassium vegetables, nutrition assessment, serum potassium

[*] Corresponding author: Horng-Rong Chang
Address: Division of Nephrology, Chung Shan Medical University Hospital, No. 110, Sec. 1, Jianguo N. Rd., South Dist., Taichung City 402, Taiwan
Tel.: +886 4 24739595x32634
E-mail: cshy590@csh.org.tw