



**Politécnico  
Castelo Branco**

Escola Superior de Saúde  
Dr. Lopes Dias

# **Influência do tempo de garrotagem nos parâmetros bioquímicos cálcio e potássio**

Maria Inês Vassalo dos Santos Paveia

Discente nº20211712

## **Orientadores**

Professora Adjunta Marisa Regina Reduto Santos Barbeira

Professor Assistente Convidado António João de Oliveira Marques Metello

Artigo de Investigação apresentado à Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biomédicas Laboratoriais, realizada sob a orientação científica da Professora Adjunta Marisa Barbeira e Professor Assistente Convidado João Metello, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

**Junho 2025**



## **Composição do júri**

### Presidente do júri

Professor Doutor Francisco José Barbas Rodrigues

Professor Adjunto da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, Instituto Politécnico de Castelo Branco

### Orientadora

Professora Doutora Marisa Regina Reduto Santos Barbeira

Professora Adjunta da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Mestre António João de Oliveira Marques Metello (co-orientador)

Professor Assistente Convidado da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, Instituto Politécnico de Castelo Branco

### Arguente

Professora Doutora Sílvia Raquel Monteiro Martins

Professora Adjunta Convidada da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, Instituto Politécnico de Castelo Branco



## **Agradecimentos**

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de várias pessoas e instituição, às quais expresso o meu sincero agradecimento.

Aos professores Marisa Barbeira e João Metello, pela orientação rigorosa, disponibilidade constante e contributos fundamentais ao longo de todo o desenvolvimento deste estudo.

À Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, pelo apoio logístico e cedência de recursos necessários à realização da parte prática do trabalho.

A todos os participantes, pela colaboração voluntária e essencial na concretização da investigação.

À minha família e amigos, pelo apoio, compreensão e incentivo incondicional ao longo deste percurso académico.



## **Resumo**

A aplicação do garrote durante a colheita sanguínea constitui um fator crítico na fase pré-analítica. Tempos de garrotagem superiores a um minuto podem induzir alterações em parâmetros bioquímicos, como o cálcio e o potássio, comprometendo a fiabilidade dos resultados laboratoriais. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da duração da garrotagem nos níveis séricos de cálcio e potássio. Participaram 20 estudantes da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias, aos quais foram colhidas duas amostras de sangue periférico sob tempos distintos de garrotagem (1 e 2 minutos). As amostras foram analisadas através de fotometria no equipamento Respon 920. Observou-se um aumento estatisticamente significativo nos níveis séricos de cálcio após 2 minutos de garrotagem ( $p=0,04$ ), enquanto os níveis de potássio se mantiveram estáveis, sem diferenças significativas entre os dois tempos ( $p=0,38$ ). Estes resultados corroboram a literatura existente, que associa tempos prolongados de garrotagem a alterações nos níveis de cálcio. A estabilidade observada no potássio poderá estar relacionada com o curto intervalo de tempo analisado. Os dados obtidos reforçam a importância da padronização do tempo de garrotagem para garantir a consistência e fiabilidade dos resultados laboratoriais.

## **Palavras-chave**

Cálcio; Potássio; Tempo de garrotagem



## **Abstract**

The application of a tourniquet during blood collection is a critical factor in the pre-analytical phase. Tourniquet times longer than one minute may lead to alterations in biochemical parameters, such as calcium and potassium, thereby compromising the reliability of laboratory results. This study aimed to evaluate the influence of tourniquet time on serum calcium and potassium levels. Twenty students from Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias participated, each providing two peripheral blood samples collected under different tourniquet times (1 and 2 minutes). The samples were analyzed by photometry using the Respos 920 analyzer. A statistically significant increase in serum calcium levels was observed after 2 minutes of tourniquet application ( $p=0,04$ ), whereas potassium levels remained stable, showing no significant differences between between the two time points ( $p=0,38$ ). These findings support existing literature linking prolonged tourniquet application to changes in calcium levels. The stability observed in potassium may be attributed to the short time interval analyzed. The data reinforce the importance of standardizing tourniquet time to ensure consistency and reliability in laboratory test results.

## **Keywords**

Calcium; Potassium; Tourniquet time



## Índice geral

1. Introdução .....	1
2. Metodologia .....	3
3. Resultados .....	5
4. Discussão .....	8
5. Conclusão .....	10
6. Referências Bibliográficas .....	11
7. Apêndices .....	13
8. Anexos .....	18

## Índice de figuras

Figura 1 - Distribuição dos participantes por sexo.....	5
Figura 2 - Distribuição dos participantes por prática de exercício físico.....	5
Figura 3 - Distribuição dos participantes por idade.....	6

## **Lista de tabelas**

Tabela 1 - Resultados do teste de normalidade.....	6
Tabela 2 - Estatísticas descritivas dos níveis séricos de cálcio e potássio com 1 e 2 minutos de garrotagem.....	6
Tabela 3 - Resultados do teste T-Student para amostras dependentes para comparação dos níveis de cálcio e potássio séricos com 1 e 2 minutos de garrotagem.....	7

## **Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos**

Alb – albumina

ALT – alanina aminotransferase

Ca – cálcio

Col T – colesterol total

Cre – creatinina

ESALD – Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias

Fe – ferro

IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco

K – potássio



## 1. Introdução

A realização de exames laboratoriais tem vindo a tornar-se cada vez mais complexa, precisa e rigorosa, em que o processo laboratorial comporta três fases interligadas, sucessivas, mas distintas: a fase pré-analítica, a fase analítica e a fase pós-analítica (1). A fase pré-analítica engloba todo o processo desde a prescrição dos testes laboratoriais até a amostra biológica ser processada em laboratório, englobando a preparação do paciente, colheita sanguínea, acondicionamento/armazenamento e transporte adequado da amostra para o laboratório (2). É nesta etapa, que ocorre a maior percentagem de erros, estimada entre 75% e 82%, como sejam exemplo, o manuseamento inadequado de amostras, a identificação incorreta, a troca de amostras, o tempo excessivo de garrotagem durante a colheita de amostras de sangue (2–4).

O presente estudo aborda o processo de garrotagem na fase pré-analítica por se tratar de um passo comum e importante no procedimento de flebotomia. Este processo permite aumentar o fluxo venoso, facilitando a punção venosa. Não é aconselhado que a sua aplicação seja superior a 1 minuto, de modo a salvaguardar situações de hemólise (5,6). Segundo a literatura, uma garrotagem prolongada promove a alteração de determinados parâmetros analíticos, nomeadamente bioquímicos, como alanina aminotransferase (ALT), albumina (Alb), cálcio (Ca), colesterol total (Col T), creatinina (Cre), ferro (Fe) e potássio (K). Vários estudos têm investigado esta problemática, nomeadamente nas alterações do doseamento do Ca e K, uma vez que são dos parâmetros mais doseáveis na prática laboratorial (3,4,6,7).

Segundo a literatura, a aplicação prolongada do garrote induz um fenómeno denominado por hemoconcentração, caracterizado pelo aumento da concentração de células sanguíneas no local da punção (5,6,8). Desta forma, a pressão hidrostática aumenta dentro dos vasos, promovendo a saída do plasma sanguíneo para o espaço intersticial, reduzindo o volume plasmático no vaso. Consequentemente, ocorre o aumento dos níveis de Ca (8–10).

Segundo diversos autores, uma colheita de sangue com um tempo excessivo de garrotagem implica um falso aumento dos níveis de potássio sérico, que se denomina pseudohipercalemiemia (11–13). Deste modo, com a aplicação prolongada do garrote, ocorre a hemólise, levando ao extravasamento do seu conteúdo celular, nomeadamente o K, promovendo o aumento dos seus níveis (13,14).

Tendo em conta o impacto que a duração da garrotagem pode ter nos resultados laboratoriais, torna-se pertinente investigar de forma mais aprofundada esta variável em diferentes parâmetros bioquímicos, nomeadamente no potássio e cálcio. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do tempo

de aplicação do garrote e as respetivas alterações nos parâmetros laboratoriais Ca e K.

## 2. Metodologia

O presente estudo enquadra-se numa abordagem quantitativa e de natureza experimental, dado que se procedeu à manipulação deliberada de uma variável – o tempo de aplicação do garrote – com o objetivo de avaliar os seus efeitos nos níveis séricos de Ca e K. Um estudo experimental quantitativo envolve a alteração controlada de uma variável independente para observar os efeitos numa ou mais variáveis dependentes, utilizando dados numéricos e análise estatística para medir e interpretar os resultados. Neste caso, o tempo de garrotagem foi a variável manipulada, enquanto os níveis séricos de Ca e K foram as variáveis medidas. Para além disso, trata-se de um estudo transversal, uma vez que todas as medições foram realizadas num único momento temporal.

De acordo com a problemática deste estudo e atendendo à questão de investigação “Será que o tempo de garrotagem influencia os resultados dos parâmetros bioquímicos cálcio e potássio?”, as hipóteses são:

- Hipótese nula A (H0A): Não há diferença significativa nos níveis de Ca entre os diferentes tempos de garrotagem.
- Hipótese nula B (H0B): Não há diferença significativa nos níveis de K entre os diferentes tempos de garrotagem.

Este estudo encontra-se de acordo com o estabelecido pela Comissão de Ética e pela Proteção de Dados do Instituto Politécnico de Castelo Branco (IPCB), tendo sido obtida a sua aprovação n.º 214/CE-IPCB/2025 para a execução da mesma (Anexo A).

Conforme o cronograma de atividades definido, após a aprovação pela Comissão de Ética do IPCB e a preparação e organização das atividades laboratoriais, a colheita das amostras foi efetuada no período temporal de 8 a 16 de abril de 2025, no qual se obtiveram 20 estudantes voluntários da Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias (ESALD) do Instituto Politécnico de Castelo Branco. A cada voluntário foram colhidas duas amostras de sangue periférico, em tubo seco com gel ativador de coagulação (Sarstedt, Nümbrecht, Alemanha) com aplicação do garrote (Sarstedt, Nümbrecht, Alemanha) durante 1 e 2 minutos.

O critério de exclusão para a seleção da amostra foi a não observância de jejum.

A aptidão dos participantes para o estudo foi analisada através de um questionário. O mesmo foi acompanhado do consentimento informado, garantindo que todos os participantes voluntários compreendessem de forma clara os objetivos e a natureza da sua participação no estudo. Ambos os instrumentos de recolha de dados encontram-se em Apêndices A e B, respetivamente.

De modo a obter as amostras de sangue periférico para análise, foram executadas as colheitas das mesmas através do procedimento de flebotomia padronizado sob condições assépticas.

As duas amostras foram colhidas com aplicação de garrote durante 1 e 2 minutos, identificados como momentos G1 e G2 respetivamente. As colheitas foram realizadas em diferentes veias em braços alternados de forma a minimizar as interferências da garrotagem anterior e lesões endoteliais devido à punção (4,5). Os tubos foram colocados em repouso na posição vertical à temperatura ambiente, durante 20 minutos para garantir a retração de coágulo. Posteriormente, procedeu-se à sua centrifugação na centrífuga (Heraeus, Hanau, Alemanha) a 3500 rpm durante 15 minutos à temperatura ambiente, de acordo com a indicação da Sarstedt para o uso correto e adequado dos tubos, por forma a permitir a correta separação dos componentes sanguíneos e obtenção de amostras de soro corretas.

De seguida, as amostras foram processadas no equipamento semiautomático Respons 920 da DiaSys, um equipamento de fotometria utilizado em bioquímica clínica para realizar medições precisas de absorvância, sendo amplamente utilizado na quantificação de componentes presentes em amostras biológicas. Foram utilizados os kits comerciais DiaSys disponíveis de calibradores (TruCal E (ref 193109910079) e TruCal U (ref 591009910064)), controlos (TruLab normal (ref 590009910061) e patológico (ref 590509910061)) e reagentes Calcium P FS (ref 111819910920) e Potassium FS (ref 152219910921).

As medições de Ca e K foram efetuadas com base no princípio descrito anteriormente, sendo que o último analito envolveu a catalisação de reações químicas por enzimas (fotometria enzimática).

Os resultados foram expressos em concentração de Ca e K presente na amostra de soro. De acordo com as bulas dos kits comerciais DiaSys (Anexo B e C), o Ca deve manter-se entre 8.6 – 10.3 mg/dL e o K entre 3.5 – 5.1 mmol/L.

Para a análise estatística dos resultados utilizou-se o programa IBM SPSS Statistics, na versão 30.0.0.0, desenvolvido pela IBM Corporation, aplicando os testes estatísticos mais adequados face à amostra.

### 3. Resultados

Tendo por base os objetivos do estudo e as hipóteses previamente formuladas, os resultados obtidos apresentam-se nos seguintes gráficos e tabelas.

A amostra foi composta por 20 participantes, predominantemente mulheres jovens ( $n=18$ ), com idade média de  $21,6 \pm 2,52$  anos, conforme demonstrado nos Figuras 1 e 3. A maioria dos participantes referiu praticar exercício físico regularmente, sendo comum a frequência superior a três vezes por semana, o que se verifica no Figura 2.

Os dados foram inicialmente avaliados quanto à normalidade através do teste Shapiro-Wilk. De acordo com a Tabela 1, verificou-se que os níveis séricos de cálcio e potássio nos dois tempos de garrotagem apresentaram distribuição normal ( $p>0,05$ ), permitindo a aplicação de testes paramétricos. Assim, para a comparação dos resultados dos dois momentos de colheita, utilizou-se o teste T-Student para amostras dependentes.

As estatísticas descritivas para os níveis séricos de cálcio e potássio após 1 e 2 minutos de garrotagem estão apresentadas na Tabela 2. Observou-se um ligeiro aumento na média dos níveis de cálcio de  $8,84 \text{ mg/dL} (\pm 0,26)$  para  $8,92 \text{ mg/dL} (\pm 0,27)$ , enquanto os níveis de potássio se mantiveram estáveis, com médias de  $4,33 \text{ mmol/L} (\pm 0,30)$  e  $4,31 \text{ mmol/L} (\pm 0,31)$  para 1 e 2 minutos, respetivamente.

Os resultados do teste T-Student para amostras dependentes na Tabela 3, mostraram uma diferença média entre os tempos de garrotagem de  $-0,08 \text{ mg/dL}$  nos valores de cálcio, indicando valores mais elevados após 2 minutos de garrotagem. Assim, verifica-se que esta diferença foi estatisticamente significativa ( $p=0,04$ ), sugerindo um aumento conforme o previsto. No potássio, a diferença média foi de  $0,01 \text{ mmol/L}$ , sugerindo valores ligeiramente mais baixos após 2 minutos de garrotagem. Esta variação não foi estatisticamente significativa ( $p=0,38$ ).

Distribuição dos participantes por sexo

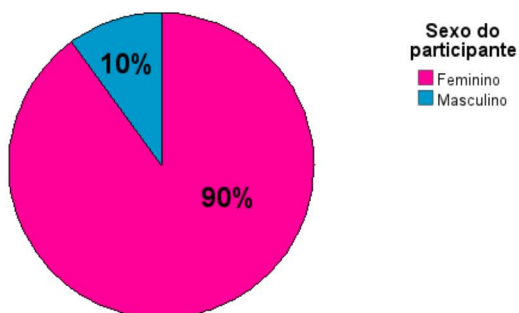


Figura 1 - Distribuição dos participantes por sexo.

Distribuição de participantes por prática de exercício físico

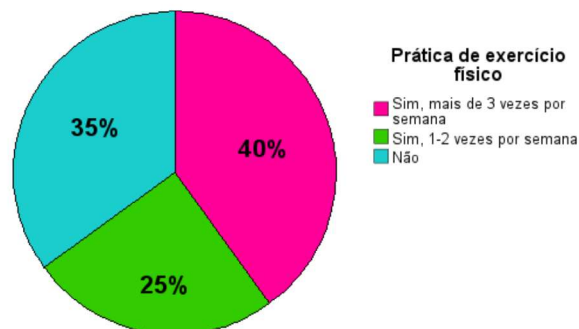


Figura 2 - Distribuição dos participantes por prática de exercício físico.



**Figura 3** - Distribuição dos participantes por idade.

**Tabela 1** - Resultados do teste de normalidade Shapiro-Wilk (n=20). Ca<sup>2+</sup> 1 min: Níveis de cálcio com garrotagem durante 1 minuto; Ca<sup>2+</sup> 2 min: Níveis de cálcio com garrotagem durante 2 minutos; K<sup>+</sup> 1 min: Níveis de potássio com garrotagem durante 1 minuto; K<sup>+</sup> 2 min: Níveis de potássio com garrotagem durante 2 minutos.

	Shapiro-Wilk
	Significância (valor-p)
Ca <sup>2+</sup> 1 min	0,53
Ca <sup>2+</sup> 2 min	0,81
K <sup>+</sup> 1 min	0,17
K <sup>+</sup> 2 min	0,28

**Tabela 2** - Estatísticas descritivas dos níveis séricos de cálcio e potássio com 1 e 2 minutos de garrotagem (n = 20). Ca<sup>2+</sup> 1 min: Níveis de cálcio com garrotagem durante 1 minuto; Ca<sup>2+</sup> 2 min: Níveis de cálcio com garrotagem durante 2 minutos; K<sup>+</sup> 1 min: Níveis de potássio com garrotagem durante 1 minuto; K<sup>+</sup> 2 min: Níveis de potássio com garrotagem durante 2 minutos.

	Média	Desvio Padrão
Ca <sup>2+</sup> 1 min	8,84 mg/dL	0,26 mg/dL
Ca <sup>2+</sup> 2 min	8,92 mg/dL	0,27 mg/dL
K <sup>+</sup> 1 min	4,33 mmol/L	0,30 mmol/L
K <sup>+</sup> 2 min	4,31 mmol/L	0,31 mmol/L

**Tabela 3** - Resultados do teste T-Student para amostras dependentes para comparação dos níveis de cálcio e potássio séricos com 1 e 2 minutos de garrotagem (n = 20). Ca<sup>2+</sup> (1 min - 2 min): Comparação dos níveis de cálcio com garrotagem durante 1 e 2 minutos; K<sup>+</sup> (1 min - 2 min): Comparação dos níveis de potássio com garrotagem durante 1 e 2 minutos.

Teste T-Student para amostras dependentes			
Comparação	Diferenças emparelhadas		Significância unilateral (valor-p)
	Diferença da Média	Desvio Padrão	
Ca <sup>2+</sup> (1 min - 2 min)	-0,08 mg/dL	0,20 mg/dL	0,04
K <sup>+</sup> (1 min - 2 min)	0,01 mmol/L	0,20 mmol/L	0,38

## 4. Discussão

Neste estudo, avaliou-se o efeito do tempo de garrotagem nos níveis séricos de cálcio e potássio, verificando-se que o cálcio apresentou um aumento estatisticamente significativo após 2 minutos, enquanto o potássio se manteve estável.

Embora a diferença média nos níveis de cálcio entre os dois tempos de garrotagem seja pequena (0,08 mg/dL), a sua significância estatística sugere que o tempo de garrotagem pode influenciar os resultados laboratoriais. Este ligeiro aumento pode ser explicado pela hemoconcentração. É um fenómeno provocado pela compressão prolongada dos vasos sanguíneos durante a garrotagem, que implica a redução do volume plasmático devido à saída de plasma para o espaço intersticial, aumentando a concentração de cálcio. Do ponto de vista clínico e fisiopatológico, esta variação, por si só, não parece ter grande impacto, uma vez que os valores se mantêm dentro dos limites de referência. No entanto, em situações que exigem maior precisão, como o acompanhamento de distúrbios do metabolismo do cálcio, pequenas variações podem ter relevância.

Por outro lado, os níveis de potássio não sofreram alterações entre os dois tempos de garrotagem, sugerindo menor sensibilidade a variações no tempo de garrotagem. Resultados semelhantes foram reportados por Cengiz e os seus colaboradores (2009), que aplicaram tempos de garrotagem até 180 segundos sem observar mudanças significativas no potássio (15).

Lippi e os seus colaboradores (2005) realizaram um estudo em que avaliaram 12 parâmetros após 1 e 3 minutos de garrotagem, no qual observaram variações clinicamente significativas em diversos analitos, incluindo o cálcio e o potássio (5). Apesar do aumento observado no cálcio, os níveis de potássio apresentaram uma ligeira diminuição, comportamento que difere do observado neste estudo, em que o potássio se manteve estável.

Um estudo elaborado por Lima Oliveira e os seus colaboradores (2011), cujo objetivo foi a comparação da utilização de garrote com o uso de um dispositivo de transiluminação (alternativa ao garrote), através de vários tempos de garrotagem desde 30 segundos a 3 minutos, demonstrou variações estatisticamente e clinicamente significativas nas concentrações de cálcio e potássio após 1 minuto de garrotagem. Estas alterações foram ausentes com o uso do dispositivo, o que reforça a influência da aplicação do garrote nestes parâmetros bioquímicos (6).

De forma semelhante, Aslam e os seus colaboradores (2013), observaram um aumento médio de 0,37 mmol/L no potássio e de 0,05 mg/dL no cálcio após 1 minuto de garrote, em comparação com amostras colhidas sem garrotagem (7). Estes dados reforçam a importância de controlar rigorosamente o tempo de garrotagem, uma vez que pequenas alterações induzidas por este fator pré-analítico podem mascarar ou simular alterações patológicas.

A discrepância de resultados, especialmente no caso do potássio, pode decorrer de variações metodológicas, incluindo os tempos de aplicação do garrote e os métodos laboratoriais de medição, o que limita a comparabilidade direta entre estudos.

O presente estudo apresenta um tamanho de amostra limitada, o que restringe a generalização dos resultados.

Futuros estudos devem ser realizados com uma amostra mais ampla e incluir mais parâmetros bioquímicos e até hematológicos e outros tempos de garrotagem para compreender melhor o impacto desta etapa pré-analítica e melhorar as práticas laboratoriais.

## **5. Conclusão**

O presente estudo avaliou a influência do tempo de aplicação do garrote na colheita sanguínea sobre os níveis séricos de cálcio e potássio em voluntários saudáveis.

Os resultados obtidos reforçam a importância de protocolos rigorosos na fase pré-analítica, nomeadamente a padronização do tempo de garrotagem, para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados e interpretação laboratoriais.

Sugere-se que futuras investigações sejam realizadas com uma amostra mais ampla e avaliem outros parâmetros bioquímicos e até hematológicos potencialmente influenciados por esta variável pré-analítica, bem como estratégias que minimizem estes efeitos.

## 6. Referências Bibliográficas

1. Lima-Oliveira G, Lippi G, Salvagno GL, Montagnana M, Picheth G, Guidi GC. The effective reduction of tourniquet application time after minor modification of the CLSI H03-A6 blood collection procedure. *Biochem Med (Zagreb)*. 2013;23(3):308–15.
2. Magnette A, Chatelain M, Chatelain B, Ten Cate H, Mullier F. Pre-analytical issues in the haemostasis laboratory: Guidance for the clinical laboratories. *Thromb J*. 2016 Dec 12;14(1).
3. Lima-Oliveira G, Lippi G, Salvagno GL, Picheth G, Guidi GC. Laboratory Diagnostics and Quality of Blood Collection. *J Med Biochem*. 2015 Jul 1;34(3):288–94.
4. Serdar MA, Kenar L, Haşimi A, Koçu L, Türkmen YH, Kurt İ, et al. Tourniquet Application Time During Phlebotomy and The Influence on Clinical Chemistry Testing; Is It Negligible? *Turkish Journal of Biochemistry-Turk J Biochem [Internet]*. 2008;33(3):85–8. Available from: <http://www.TurkJBiochem.com> Tel:00903123043308 Fax:00903123043300
5. Lippi G, Salvagno GL, Montagnana M, Brocco G, Guidi GC. Influence of short-term venous stasis on clinical chemistry testing. *Clin Chem Lab Med*. 2005 Jun 17;43(8):869–75.
6. Lima Oliveira G, Lippi G, Luca Salvagno G, Montagnana M, Manguera CL, Sumita NM, et al. New ways to deal with known preanalytical issues: use of transilluminator instead of tourniquet for easing vein access and eliminating stasis on clinical biochemistry. *Biochem Med (Zagreb)*. 2011;21(2):152–9.
7. Aslam F, Shaukat A, Ali Z, Arain TM. INFLUENCE OF TOURNIQUET APPLICATION. *Professional Med J [Internet]*. 2013 Oct 15;20(5):798–803. Available from: [www.theprofesional.com](http://www.theprofesional.com)
8. Siyam FF, Klachko DM. What is hypercalcemia? the importance of fasting samples. *Cardiorenal Med*. 2013;3(4):232–8.
9. Fijorek K, Püsküllüoğlu M, Tomaszewska D, Tomaszewski R, Glinka A, Polak S. Serum potassium, sodium and calcium levels in healthy individuals- literature review and data analysis. 2014;LIV:53–70.
10. Agoro EY, Alabrah PW. The Effect of Tourniquet Application on Serum Calcium and Inorganic Phosphorus Determination. *Journal of Health, Medicine and Nursing [Internet]*. 2019 Aug 31;65. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/335501216>

11. Saleh-Anaraki K, Jain A, Wilcox CS, Pourafshar N. Pseudohyperkalemia: Three Cases and a Review of Literature. Vol. 135, American Journal of Medicine. Elsevier Inc.; 2022. p. e150–4.
12. Shrestha B, Rijal SS, Pokhrel A, Paudel A, Baral K, Poudel B, et al. Pseudohyperkalemia Associated With Leukemia. Cureus. 2022 Apr 9;
13. Asirvatham JR, Moses V, Bjornson L. Errors in potassium measurement: A laboratory perspective for the clinician. Vol. 5, North American Journal of Medical Sciences. 2013. p. 255–9.
14. Saleem S, Mani V, Chadwick MA, Creanor S, Ayling RM. A prospective study of causes of haemolysis during venepuncture: Tourniquet time should be kept to a minimum. Ann Clin Biochem. 2009 May;46(3):244–6.
15. Cengiz M, Ulker P, Meiselman HJ, Baskurt OK. Influence of tourniquet application on venous blood sampling for serum chemistry, hematological parameters, leukocyte activation and erythrocyte mechanical properties. Clin Chem Lab Med. 2009 Jun 1;47(6):769–76.

## 7. Apêndices

### Apêndice A – Questionário aplicado

#### QUESTIONÁRIO PARA PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO “INFLUÊNCIA DO TEMPO DE GARROTAGEM NOS PARÂMETROS BIOQUÍMICOS CÁLCIO E POTÁSSIO”

**Objetivo do Estudo:** Determinar a influência da aplicação prolongada do garrote e as respectivas alterações dos parâmetros bioquímicos cálcio e potássio.

Nome do Participante: \_\_\_\_\_

Email Pessoal: \_\_\_\_\_

Código de Identificação do Participante (A Preencher pela Investigadora): \_\_\_\_\_

#### 1. Dados Demográficos

1.1. Idade: \_\_\_\_ anos

1.2. Sexo:

Masculino

Feminino

#### 2. Histórico de Saúde

2.1. Apresenta alguma destas condições?

Doença renal

Doença cardíaca

Doença gastrointestinal

Doença hepática

Hipertensão arterial

Diabetes mellitus

Outras (especificar: \_\_\_\_\_)

Nenhuma

2.2. Toma medicação?

Sim (especificar: \_\_\_\_\_)

Não

2.3. Já teve alterações nos níveis de cálcio ou potássio em análises anteriores?

Sim

Não

Não sei

2.4. Pratica exercício físico regularmente?

Sim, mais de 3 vezes por semana

Sim, 1-2 vezes por semana

Não

2.5. Consume suplementos alimentares contendo cálcio ou potássio?

Sim (especificar: \_\_\_\_\_)

Não

## Apêndice B – Consentimento informado



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Comissão de Ética

### CONSENTIMENTO INFORMADO ESCLARECIDO E LIVRE PARA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Este documento, designado Consentimento Informado Esclarecido e Livre, dado por escrito, contém informação importante em relação ao estudo para o qual foi abordado/a, bem como o que expectável acontecer, se decidir participar no mesmo. Leia atentamente toda a informação aqui contida. Deve sentir-se inteiramente livre para colocar qualquer questão, assim como para discutir com terceiros (amigos, familiares) a decisão da sua participação neste estudo.

Eu, Maria Inês Vassalo dos Santos Paveia, estudante do 4º ano da Licenciatura em Ciências Biomédicas Laboratoriais na Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias e, sob orientação da Prof. Dra. Marisa Barbeira e co-orientação do Prof. João Metello, venho por este meio solicitar a sua participação no meu projeto de investigação para a conclusão da licenciatura, cujo tema é “Influência do Tempo de Garrotagem nos Parâmetros Bioquímicos Cálcio e Potássio”. Este estudo irá ser realizado no Laboratório de Bioquímico da ESALD e, tem como objetivo perceber se a variação do tempo de aplicação de garrote durante a colheita de sangue influencia os parâmetros cálcio e potássio.

Para a realização deste estudo, serão realizadas duas colheitas de sangue para dois tubos de bioquímica com aplicação de garrote durante 1 e 2 minutos, sendo expectável que todo o processo da colheita dure, no máximo, 5 minutos, não apresentando qualquer custo.

A participação neste projeto é voluntária, sendo que o participante pode decidir desistir e/ou não participar na investigação a qualquer momento, e sem qualquer tipo de consequência. No caso de desistência, o estatuto enquanto estudante será mantido e não sofrerá nenhuma consequência da não-participação ou desistência.

Como benefício a obter deste projeto de investigação, o participante voluntário receberá o resultado dos dois parâmetros bioquímicos. No entanto é de salientar que, ao participar neste estudo poderá existir a possibilidade de aparecimento de um hematoma no local da colheita, o que pode ser facilmente solucionado com aplicação de gelo. Caso a situação referida ocorra, deverá contactar a responsável pelo estudo, Maria Paveia. Este estudo não apresenta cobertura por parte de uma companhia de seguros sendo que em caso de urgência deve contactar os seguintes contactos: 931320637 (aluna investigadora) e 966965583/[marisabarbeira@ipcb.pt](mailto:marisabarbeira@ipcb.pt) (orientadora).

O IPCB é o responsável pelo tratamento dos seus dados pessoais, recolhidos e tratados exclusivamente para as finalidades do estudo científico supra identificado, tendo como base legal o seu consentimento com base no art.º 9, nº 2, alínea a) e o disposto Artº 6º, nº 1, a) e ainda o cumprimento da missão do IPCB, no que à investigação científica diz respeito, enquadrado no Artº 6º, nº 1, e) do RGPD.

A operação de tratamento de dados foi registada no IPCB com o nº 83/2024.

É possível a consulta, a retificação ou o apagamento dos seus dados pessoais, caso a metodologia de recolha utilizada no estudo o permita, contactando a investigadora para o efeito.

O IPCB tem um Encarregado de Proteção de Dados, contactável através do email [protecaodados@ipcb.pt](mailto:protecaodados@ipcb.pt). Caso considere necessário tem ainda o direito de apresentar reclamação à autoridade de controlo competente – Comissão Nacional de Proteção de Dados.

Os dados obtidos serão confidenciais e mantidos sob anonimato durante todo o estudo. Foi pedida e obtida uma autorização da Comissão Nacional de Proteção de Dados e/ou do Encarregado de Proteção de Dados da Instituição que nos garante que o anonimato de todas as

Mod.IPCB.CE.05.02



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Comissão de Ética

participantes e que os contactos foram realizados em ambiente de privacidade. Será recolhido o nome, email pessoal (para posterior envio do resultado) e histórico de saúde de cada participante voluntário. No entanto, durante o decorrer do estudo, será atribuído um código de identificação a cada voluntário, garantindo uma maior confidencialidade de resultados. Após o final do estudo, os resultados serão divulgados de forma anónima aos docentes na Escola Superior de Saúde Dr. Lopes Dias como trabalho final de curso e os dados serão eliminados.

Em caso de alguma dúvida ou se tiver alguma questão, pode contactar a responsável pela investigação, Maria Paveia, através do e-mail (inespaveia@hotmail.com), ou através do contacto telefónico, 931320637. Este estudo foi validado e mereceu parecer favorável da Comissão de Ética.

#### ASSINATURA DO CONSENTIMENTO INFORMADO ESCLARECIDO E LIVRE PARA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Li (ou alguém leu para mim) o consentimento informado esclarecido e livre para investigação científica e estou consciente do que esperar quanto á minha participação no projeto ou estudo Influência do Tempo de Garrotagem nos Parâmetros Bioquímicos Cálcio e Potássio. Tive a oportunidade de colocar todas as questões e as respostas esclareceram todas as minhas dúvidas. Assim, aceito voluntariamente participar neste estudo. Foi-me dada uma cópia deste documento.

Consinto voluntariamente que os meus dados pessoais sejam tratados de acordo com as informações que me foram disponibilizadas anteriormente.  Sim  Não

\_\_\_\_\_  
Nome do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Nome do representante legal do participante  
(se aplicável)

\_\_\_\_\_  
Assinatura do representante legal do participante

\_\_\_\_\_  
Grau de relação com o participante

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Data



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Comissão de Ética

**Investigador/Equipa de Investigação**

Os aspetos mais importantes deste estudo foram explicados ao participante ou ao seu representante, antes de solicitar a sua assinatura. Uma cópia deste documento ser-lhe-á fornecida.

\_\_\_\_\_  
**Nome e contacto da pessoa que obtém  
o consentimento**

\_\_\_\_\_  
**Assinatura da pessoa que obtém  
o consentimento**

\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
**Data**

## 8. Anexos

### Anexo A – Parecer da Comissão de Ética



**PARECER N.º 214 CE-IPCB/2025**

### PARECER

<b>Título do projeto:</b>	Influência do Tempo de Garrotagem nos Parâmetros Bioquímicos Cálcio e Potássio
<b>Área científica:</b>	Bioquímica
<b>Investigador principal</b>	Maria Inês Vassalo dos Santos Paveia
<b>Equipe de investigação</b>	-
<b>Orientador</b>	Marisa Regina Barbeira
<b>Co-Orientador</b>	João Metello
<b>Local do estudo</b>	Laboratórios da Escola Superior Dr. Lopes Dias
<b>Tipo de estudo</b>	Clínico sem intervenção
<b>Submissão completa</b>	07/02/2025
<b>Reunião e/ou reuniões de avaliação</b>	N.º 3, 12/03/2025
<b>Relatores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Armandina Maria Abrantes de Loureiro</li> <li>- Marta Filipa Gerales Falcão</li> </ul>

### RELATÓRIO

Elaborado nos termos do nº 7 do artigo 11º do [Reg.IPCB.CE.01.02 – Regulamento da Comissão de Ética do IPCB](#).

No decorrer da avaliação deste projeto, foram solicitados esclarecimentos à investigadora responsável, de modo a garantir a conformidade com os requisitos éticos exigidos. As respostas foram fornecidas atempadamente e de forma completa, o que contribuiu para uma análise mais detalhada e precisa do estudo. Dessa forma, consideramos que todos os aspetos relevantes foram devidamente esclarecidos, permitindo a emissão de um parecer positivo.

### DELIBERAÇÃO

**Parecer: Positivo\***

\* Assim que o projeto esteja concluído, o investigador deverá enviar o estudo final para arquivo na pasta do projeto existente nesta Comissão.



**Politécnico  
Castelo Branco**  
Polytechnic University

**PARECER N.º 214 CE-IPCB/2025**

**Data de deliberação em reunião n.º 3:** Castelo Branco, 12 de março de 2025

**Membros presentes:** Alexandre José Marques Pereira, António Júlio Apóstolo Pereira Coutinho (online), Arnandina Maria Abrantes de Loureiro, Eduardo Sabina dos Santos Valente, Isabel Maria de Sousa Lourenço, Maria João da Silva Guardado Moreira, Maria Luísa Faria de Sousa Cerqueira Correia Castilho, Maria Teresa Pita Pegado Gonçalves Rodrigues Coelho, Marta Filipa Geraides Falcão, Sara Margarida Araújo Ferreira.

**Relator**

*Arnandina Maria Abrantes de Loureiro*



Assinado por: Marta Filipa  
Geraides Falcão  
Identificação: B112176788  
Data: 2025-03-26 às 12:38:27

**Presidente da Comissão de Ética**

Assinado por: **ISABEL MARIA DE SOUSA  
LOURENÇO**  
Num. de Identificação: 04242187  
Data: 2025.03.27 16:12:55+00'00'



## Anexo B – Bula do kit comercial do cálcio

### Calcium P FS\*

**Diagnostic reagent for quantitative in-vitro determination of calcium in serum, plasma or urine on photometric systems**

#### Order Information

Cat. No.	Kit size	
1 1181 99 10 021	R1 5 x 20 mL +	R2 1 x 25 mL
1 1181 99 10 026	R1 5 x 80 mL +	R2 1 x 100 mL
1 1181 99 10 704	R1 8 x 50 mL +	R2 8 x 12.5 mL
1 1181 99 10 917	R1 8 x 60 mL +	R2 8 x 15 mL

#### Summary [1,2]

Calcium plays an essential role in many cell functions: intracellular in muscle contraction and glycogen metabolism, extracellular in bone mineralization, in blood coagulation and in transmission of nerve impulses. Calcium in plasma exists in three forms: free, bound to proteins or bound to anions such as phosphate, citrate and bicarbonate in a complex reaction. Decreased total calcium levels can be associated with diseases of the bone apparatus (especially osteoporosis), kidney diseases (especially under dialysis), defective intestinal absorption and hypoparathyroidism. Increased total calcium can be measured in hyperparathyroidism, malignant diseases with metastases and sarcoidosis. Calcium measurements also help in monitoring of calcium supplementation mainly in the prevention of osteoporosis.

#### Method

Photometric determination with Phosphonazo III

#### Principle

At acidic pH calcium forms a purple-blue colored complex with phosphonazo III. In a second step calcium is bound to a chelating agent whereby the specific signal is eliminated. The resulting difference in absorbance is directly proportional to the calcium concentration in the sample. This guarantees a specific measurement of calcium.

#### Reagents


##### Components and Concentrations of the Reagents

<b>R1:</b>	Malonic acid buffer	pH 5.0	150 mmol/L
	Phosphonazo III		150 µmol/L
<b>R2:</b>	Malonic acid buffer		150 mmol/L
	Chelating agent		< 150 mmol/L

##### Storage Instructions and Reagent Stability

Reagents are stable up to the end of the indicated month of expiry, if stored at 2 – 8°C and contamination is avoided. Do not freeze the reagents!

##### Warnings and Precautions

1.  Reagent 1: Warning. H319 Causes serious eye irritation. H412 Harmful to aquatic life with long lasting effects. P273 Avoid release to the environment. P280 Wear protective gloves/protective clothing/eye protection. P305+P351+P338 If in eyes: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. P337+P313 If eye irritation persists: Get medical advice/attention. P501 Dispose of contents/container to hazardous or special waste collection point.
2. As calcium is a ubiquitous ion, essential precaution must be taken against accidental contamination. Only use disposable materials.
3. Traces of chelating agent, such as EDTA can prevent the formation of the colored complex.
4. In very rare cases, samples of patients with gammopathy might give falsified results [5].
5. Please refer to the safety data sheets and take the necessary precautions for the use of laboratory reagents. For diagnostic purposes, the results should always be assessed with the patient's medical history, clinical examinations and other findings.
6. For professional use only!

#### Waste Management

Please refer to local legal requirements.

#### Reagent Preparation

The reagents are ready to use.

#### Materials required but not provided

NaCl solution 9 g/L  
General laboratory equipment

#### Specimen

Serum, heparin plasma or urine  
Do not use EDTA plasma.

#### Stability [3]

in Serum/Plasma:	7 days	at	20 – 25°C
	3 weeks	at	4 – 8°C
	8 months	at	-20°C
in Urine:	2 days	at	20 – 25°C
	4 days	at	4 – 8°C
	3 weeks	at	-20°C

Discard contaminated specimens! Freeze only once!

Add 10 mL of concentrated HCl to 24 h urine and heat the specimen to dissolve calcium oxalate.

#### Assay Procedure

**Application sheets for automated systems are available on request.**

Wavelength	660 nm 700/800 nm bi-chromatic
Optical path	1 cm
Temperature	37°C
Measurement	against reagent blank

	Blank	Sample/ Calibrator
<b>Sample/Calibrator</b>	-	10 µL
<b>Dist. water</b>	10 µL	-
<b>Reagent 1</b>	1000 µL	1000 µL
Mix and incubate for 5 minutes. Read absorbance A1 than add:		
<b>Reagent 2</b>	250 µL	250 µL
Mix and read absorbance A2 within 1 minute.		

$$\Delta A = (A_2 - A_1) \text{ Sample/Calibrator}$$

In case an absorbance of > 1.6 is observed after mixing of R1 and sample, dilute the sample 1 + 1 with NaCl solution (9 g/L), retest and multiply the result by 2.

#### Calculation

With calibrator

$$\text{Calcium [mg/dL]} = \frac{\Delta A \text{ Sample}}{\Delta A \text{ Cal.}} \times \text{Conc. Cal. [mg/dL]}$$

#### Conversion factor

$$\begin{aligned} \text{Calcium [mg/dL]} \times 0.2495 &= \text{Calcium [mmol/L]} \\ \text{Calcium/U [mg/24 h]} \times 0.025 &= \text{Calcium/U [mmol/24 h]} \end{aligned}$$

## Calibrators and Controls

For the calibration of automated photometric systems, DiaSys TruCal U calibrator is recommended. This method has been standardized against the reference method Atomic Absorption Spectrometry (AAS). Calcium Standard FS may be used alternatively for calibration. DiaSys TruLab N and P or TruLab Urine should be assayed for internal quality control. Each laboratory should establish corrective actions in case of deviations in control recovery.

	Cat. No.	Kit size
TruCal U	5 9100 99 10 063	20 x 3 mL
	5 9100 99 10 064	6 x 3 mL
TruLab N	5 9000 99 10 062	20 x 5 mL
	5 9000 99 10 061	6 x 5 mL
TruLab P	5 9050 99 10 062	20 x 5 mL
	5 9050 99 10 061	6 x 5 mL
TruLab Urine Level 1	5 9170 99 10 062	20 x 5 mL
	5 9170 99 10 061	6 x 5 mL
TruLab Urine Level 2	5 9180 99 10 062	20 x 5 mL
	5 9180 99 10 061	6 x 5 mL
Calcium Standard FS	1 1100 99 10 030	6 x 3 mL

## Performance characteristics

### Measuring Range

The test has been developed to determine calcium concentrations within a measuring range from 0.2 – 25 mg/dL (0.05 – 6.24 mmol/L). When values exceed this range samples should be diluted 1 + 1 with NaCl solution (9 g/L) and the result multiplied by 2.

### Specificity/Interferences

No interference was observed by ascorbic acid up to 30 mg/dL, bilirubin up to 60 mg/dL, hemoglobin up to 1000 mg/dL, lipemia up to 2000 mg/dL triglycerides and magnesium up to 20 mg/dL. Strontium salts in medicine may lead to strongly increased calcium values. For further information on interfering substances refer to Young DS [4].

### Sensitivity/Limit of Detection

The lower limit of detection is 0.2 mg/dL (0.05 mmol/L).

### Precision

Intra-assay n = 20	Mean [mg/dL]	SD [mg/dL]	CV [%]
Sample 1	8.10	0.04	0.48
Sample 2	9.51	0.07	0.73
Sample 3	13.9	0.09	0.64

Inter-assay n = 20	Mean [mg/dL]	SD [mg/dL]	CV [%]
Sample 1	8.87	0.16	1.76
Sample 2	9.27	0.15	1.62
Sample 3	12.2	0.13	1.06

### Method Comparison

A comparison of DiaSys Calcium P FS (y) with a commercially available test (x) using 84 serum samples gave following results:  
 $y = 1.01 x - 0.142 \text{ mg/dL}$ ;  $r = 0.998$

A comparison of DiaSys Calcium P FS (y) with a commercially available test (x) using 54 urine samples gave following results:  
 $y = 1.01 x + 0.276 \text{ mg/dL}$ ;  $r = 1.00$

## Reference Range

Serum/Plasma [2]:

8.6 – 10.3 mg/dL (2.15 – 2.57 mmol/L)

Urine [1]:

Women < 250 mg/24 h (6.24 mmol/24 h)

Men < 300 mg/24 h (7.49 mmol/24 h)

Each laboratory should check if the reference ranges are transferable to its own patient population and determine own reference ranges if necessary.

## Literature

1. Thomas L. Clinical Laboratory Diagnostics. 1<sup>st</sup> ed. Frankfurt: TH-Books Verlagsgesellschaft; 1998. p. 231–241.
2. Endres DB, Rude RK. Mineral and bone metabolism. In: Burtis CA, Ashwood ER, editors. Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: W.B Saunders Company; 1999. p. 1395–1406.
3. Guder WC, Zawta B et al. The Quality of Diagnostic Samples. 1<sup>st</sup> ed. Darmstadt: GIT Verlag; 2001. p. 20-1 and p. 50-1.
4. Young DS. Effects of Drugs on Clinical Laboratory Tests. 5th ed. Volume 1 and 2. Washington, DC: The American Association for Clinical Chemistry Press 2000.
5. Bakker AJ, Mücke M. Gammopathy interference in clinical chemistry assays: mechanisms, detection and prevention. ClinChemLabMed 2007;45(9):1240–1243.

## Manufacturer



DiaSys Diagnostic Systems GmbH  
 Alte Strasse 9 65558 Holzheim Germany

## Anexo C – Bula do kit comercial do potássio

### Potassium FS\*

**Diagnostic reagent for quantitative in vitro determination of potassium in serum or plasma on photometric systems**

#### Order Information

Cat. No.  
1 5221 99 10 021 R1 5 x 20 mL + R2 1 x 25 mL

#### Summary [1-2]

Potassium (K<sup>+</sup>) is the major cation in the intracellular space (ICS) and is essential for many body functions, mainly the neuromuscular excitability. The potassium gradient between ICS and extracellular space (ECS) is built up by a Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> pump and contributes considerably to the electrical potential difference at the cell membrane. K<sup>+</sup> balance is regulated by the kidneys under hormonal control of the renin-angiotensin-aldosterone system. Potassium levels in serum are mainly affected by acute and chronic renal failure, severe diarrhea and vomiting, some medication (e. g. ACE inhibitors, angiotensin receptor blockers, diuretics), disorders of acid balance and massive cell lysis or hemolysis after injury, surgery or burns. Furthermore, potassium values are used for monitoring cardiovascular insufficiency, changes in blood pH or diuretic therapies.

#### Method

Enzymatic photometric test

#### Principle

Pyruvate kinase is activated by K<sup>+</sup> ions in the sample and subsequently catalyzes the dephosphorylation of phosphoenolpyruvate to pyruvate. In a second step pyruvate is transformed to lactate under consumption of a NADH analogue. The signal decrease measured at 340 nm is proportional to the amount of potassium in the sample.

#### Reagents

##### Components and Concentrations

<b>R1:</b>	Buffer	pH 8.25	40 mmol/L
	NADH analogue		0.4 mmol/L
	Phosphoenolpyruvate (PEP)		2.5 mmol/L
	ADP		2.5 mmol/L
	Lactate dehydrogenase (LDH)		> 5 kU/L
<b>R2:</b>	Buffer	pH 7.0	200 mmol/L
	Pyruvate kinase (PK)		> 0.5 kU/L

##### Storage Instructions and Reagent Stability

The reagents are stable up to the end of the indicated month of expiry, if stored at 2 - 8°C, protected from light and contamination is avoided. Do not freeze the reagents!

##### Warnings and Precautions

1. The potassium test is very susceptible to potassium contamination. The sole use of ultrapure glass ware and disposable materials is strongly recommended.
2. Reagents contain biological material. Handle the product as potentially infectious according to universal precautions and good laboratory practice.
3. In very rare cases, samples of patients with gammopathy might give falsified results [8].
4. Please refer to the safety data sheets and take the necessary precautions for the use of laboratory reagents. For diagnostic purposes, the results should always be assessed with the patient's medical history, clinical examinations and other findings.
5. For professional use only!

##### Waste Management

Please refer to local legal requirements.

##### Reagent Preparation

The reagents are ready to use.

#### Materials required but not provided

General laboratory equipment

#### Specimen

Serum or lithium heparin plasma

Stability [3]:	1 week	at	20 – 25°C
	1 week	at	4 – 8°C
	1 year	at	-20°C

Separate from cellular contents within 1 hour after blood collection. Do not use hemolytic samples. [4]

Discard contaminated specimens. Freeze only once!

#### Assay Procedure

**Application sheets for automated systems are available on request.**

Wavelength	340 nm
Optical path	1 cm
Temperature	37°C
Measurement	Against reagent blank

	Blank	Sample or calibrator
<b>Sample or calibrator</b>	-	100 µL
<b>Dist. Water</b>	100 µL	-
<b>Reagent 1</b>	1000 µL	1000 µL
Mix, incubate for 5 min. at 37°C		
<b>Reagent 2</b>	250 µL	250 µL
Mix, incubate at 37°C, read absorbance A1 after 2 min. and start stopwatch. Read absorbance A2 after 1 min., absorbance A3 after 2 min. and absorbance A4 after 3 min. at 37 °C and calculate ΔA/min.		

$$\text{Potassium [mmol/L]} = \frac{\Delta A/\text{min. Sample}}{\Delta A/\text{min. Calibrator}} \times \text{Conc. Calibrator [mmol/L]}$$

#### Calculation

The concentration of potassium in unknown samples is derived from a calibration curve using an appropriate mathematical model such as cubic spline. The calibration curve is obtained with the levels 1 - 4 of the electrolyte calibrator TruCal E.

#### Conversion factor

$$\text{Potassium [mmol/L]} = \text{Potassium [mEq/L]}$$

$$\text{Potassium [mmol/L]} \times 3.91 = \text{Potassium [mg/dL]}$$

#### Calibrators and Controls

For calibration, DiaSys TruCal E calibrator is recommended. The assigned values of TruCal E have been made traceable to the NIST Standard Reference Material® SRM 956. DiaSys TruLab N and P controls should be assayed for internal quality control. Each laboratory should establish corrective action in case of deviations in control recovery.

	Cat. No.	Kit size
TruCal E	1 9310 99 10 079	4 x 3 mL
TruLab N	5 9000 99 10 062	20 x 5 mL
	5 9000 99 10 061	6 x 5 mL
TruLab P	5 9050 99 10 062	20 x 5 mL
	5 9050 99 10 061	6 x 5 mL

**Performance Characteristics**

**Measuring range**

The test has been developed to determine potassium concentrations within a measuring range from 2 to 8 mmol/L.

**Specificity/Interferences**

Interfering Substance	Interferences $\leq 4.5\%$	Potassium concentration
<b>Ascorbate</b>	up to 60 mg/dL	3.24 mmol/L
	up to 60 mg/dL	4.90 mmol/L
<b>Bilirubin, conjugated</b>	up to 40 mg/dL	3.26 mmol/L
	up to 50 mg/dL	5.30 mmol/L
<b>Bilirubin, unconjugated</b>	up to 60 mg/dL	3.26 mmol/L
	up to 60 mg/dL	5.27 mmol/L
<b>Lipemia (Triglyceride)</b>	up to 1000 mg/dL	3.09 mmol/L
	up to 800 mg/dL	4.84 mmol/L
<b>Hemoglobin</b>	up to 500 mg/dL	2.89 mmol/L
	up to 500 mg/dL	5.02 mmol/L
<b>Hemolysis</b> interferes because potassium is released by erythrocytes.		
<b>Sodium</b>	135 - 180 mmol/L	3.35 mmol/L
	106 - 206 mmol/L	5.34 mmol/L
<b>Ammonia</b>	up to 250 $\mu$ mol/L	4.61 mmol/L
<b>Calcium</b>	1.8 - 10.0 mmol/L	3.01 mmol/L
	2.2 - 10.0 mmol/L	5.02 mmol/L
<b>Magnesium</b>	up to 3.0 mmol/L	4.94 mmol/L
<b>Manganese</b>	up to 200 nmol/L	3.03 mmol/L
	up to 200 nmol/L	5.16 mmol/L
<b>Phosphate</b>	up to 7.0 mmol/L	3.22 mmol/L
	up to 7.0 mmol/L	5.22 mmol/L
<b>Zinc</b>	up to 500 $\mu$ mol/L	3.08 mmol/L
	up to 500 $\mu$ mol/L	4.97 mmol/L
<b>Iron</b>	up to 1000 $\mu$ mol/L	3.11 mmol/L
	up to 1000 $\mu$ mol/L	5.14 mmol/L
<b>Copper</b>	up to 500 $\mu$ mol/L	3.33 mmol/L
	up to 500 $\mu$ mol/L	5.28 mmol/L

For further information on interfering substances refer to Young DS [5].

**Limit of Detection**

The lower limit of detection is 0.4 mmol/L.

**Precision**

Intra-assay n = 20	Mean [mmol/L]	SD [mmol/L]	CV [%]
Sample 1	4.40	0.05	1.03
Sample 2	4.83	0.05	1.08
Sample 3	7.05	0.08	1.17

Inter-assay n = 20	Mean [mmol/L]	SD [mmol/L]	CV [%]
Sample 1	3.26	0.07	1.99
Sample 2	4.33	0.16	3.73
Sample 3	7.06	0.16	2.20

**Method Comparison**

A comparison of DiaSys Potassium FS (y) to the reference method Flame Atomic Emission Spectrometry (FAES, x) using 108 samples gave following results:  
 $y = 0.962 x + 0.118$  mmol/L;  $r = 0.991$ .

**Reference Range**

**In Plasma**

<b>Adults</b> [2]	3.6 – 4.8 mmol/L
<b>Children</b> [6]	
0 – 7 days	3.2 – 5.5 mmol/L
8 – 31 days	3.4 – 6.0 mmol/L
1 – 6 month(s)	3.5 – 5.6 mmol/L
6 months – 1 year	3.5 – 6.1 mmol/L
> 1 year	3.3 – 4.6 mmol/L

**In Serum** [7]


<b>Adults</b>	3.5 – 5.1 mmol/L
<b>Children</b>	
Newborn	3.7 – 5.9 mmol/L
Infant	4.1 – 5.3 mmol/L
Child	3.4 – 4.7 mmol/L

Each laboratory should check if the reference ranges are transferable to its own patient population and determine own reference ranges if necessary.

**Literature**

- Külpmann WR, Stumvoll HK, Lehmann P. Electrolytes – Clinical and Laboratory Aspects. 1<sup>st</sup> ed. Wien: Springer-Verlag; 1996. p. 32–41.
- Thomas L ed. Clinical Laboratory Diagnostics. 1<sup>st</sup> ed. Frankfurt: TH-Books Verlagsgesellschaft, 1998: p. 306–313.
- Guder WG, Zawta B et al. The Quality of Diagnostic Samples. 1<sup>st</sup> ed. Darmstadt: GIT Verlag; 2001; p. 40-1.
- Einer G, Zawta B. Präanalytikfibel. 2. Auflage. Heidelberg: Johann Ambrosius Barth Leipzig; 1991; p. 219–220, 238
- Young DS. Effects of Drugs on Clinical Laboratory Tests. 5th. ed. Volume 1 and 2. Washington, DC: The American Association for Clinical Chemistry Press, 2000.
- Soldin SJ, Brugnara C, Wong EC. Pediatric Reference Intervals. 6<sup>th</sup> ed. Washington DC: AACC Press, 2007: p. 162-3.
- Tietz textbook of clinical chemistry and molecular diagnostics. 4<sup>th</sup> ed. St. Louis: Elsevier Saunders; 2006. p. 2291.
- Bakker AJ, Mücke M. Gammopathy interference in clinical chemistry assays: Mechanism, detection and prevention. Clin Chem Lab Med 2007; 45(9): 1240–1243.

**Manufacturer**

 DiaSys Diagnostic Systems GmbH  
 Alte Strasse 9 65558 Holzheim Germany